



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Институт радиоэлектроники
и информационных
технологий**

В. П. ГУЛЯЕВ

АНАЛИЗ ДЕМАСКИРУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ КАНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ

Учебно-методический комплект



Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

В. П. Гуляев

**АНАЛИЗ ДЕМАСКИРУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ ОБЪЕКТОВ
ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ КАНАЛОВ
УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ**

Учебно-методический комплект

*Рекомендовано методическим советом УрФУ
для студентов, обучающихся по направлению
090106.65 – Информационная безопасность телекоммуникационных систем*

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2014

УДК 681.3.81
ББК 32.81
Г94

Рецензенты:

канд. техн. наук, доц. *Н. В. Будылдина* (кафедра общепрофессиональных дисциплин технических специальностей УрТИСИ);

канд. техн. наук, начальник отдела специальных экспертиз *Ю. В. Елькин* (Екатеринбургский научно-технический центр ФГУП НПП «Гамма»)

Научный редактор – канд. техн. наук, проф. А. П. Мальцев

Гуляев, В. П.

Г94 Анализ демаскирующих признаков объектов информатизации и технических каналов утечки информации : учебно-методический комплект / В. П. Гуляев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 164 с.
ISBN 978-5-7996-1120-0

Учебно-методический комплект состоит из трех частей. Часть 1 включает в себя изложение принципов ведения технической разведки (ТР), классификацию ТР и демаскирующих признаков объектов разведки (ОР), оценку возможностей ТР по перехвату информации о функционировании ОР. В части 2 приведены требования к выполнению курсовой работы по дисциплине «Средства технической разведки» для студентов, обучающихся по направлению 090000 – «Информационная безопасность», по учебному плану специальности 090106.65 – «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», варианты технических заданий для выполнения курсовой работы. В части 3 размещены справочный материал и основные расчетные соотношения, необходимые для решения задач курсовой работы.

Библиогр.: 18 назв. Рис. 22.

Подготовлено кафедрой «Теоретические основы радиотехники»

УДК 681.3.81
ББК 32.81

ISBN 978-5-7996-1120-0

© Уральский федеральный
университет, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ 1. ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ ОТ ТЕХНИЧЕСКИХ

РАЗВЕДОК.....	5
Введение	5
1. Классификация технических разведок.....	7
1.1. Классификация ТР по физическим принципам	10
построения аппаратуры разведки	10
1.2. Классификация ТР по виду носителей аппаратуры СТР	22
2. Наземная разведка на территории России.....	26
2.1. Стационарная разведывательная аппаратура	27
2.2. Портативная разведывательная аппаратура	27
2.3. Автономная автоматическая аппаратура разведки	29
2.4. Аппаратура акустической речевой разведки.....	30
2.5. Специальные фото-, видео- и оптические системы.....	35
2.6. Технические средства негласного перехвата и регистрации информации с технических каналов связи	36
2.7. Специальные технические средства (СТС) для негласного получения (изменения, уничтожения) информации с технических средств ее хранения, обработки и передачи.....	39
3. Демаскирующие признаки объектов и источники информации для технических средств разведки	42
3.1. Демаскирующие признаки радиоэлектронных средств и систем.....	46
3.2. Демаскирующие признаки объектов в видимом диапазоне	51
3.3. Демаскирующие признаки объектов в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра.....	55
3.4. Демаскирующие признаки объектов в речевом диапазоне длин волн	57
4. Оценка возможностей технических разведок по перехвату информации ограниченного распространения	63
4.1. Общие положения по оценке возможностей технических разведок	63
4.2. Алгоритмы, применяемые для анализа возможностей технических разведок	65

4.3. Анализ возможностей технических разведок по обнаружению, оценке параметров и регистрации перехватываемых сигналов и сообщений	77
ЧАСТЬ 2. ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ	89
Введение	89
1. Содержание и оформление пояснительной записки	90
2. Защита курсовой работы	91
3. Задания на курсовую работу	92
ЧАСТЬ 3. ПАРАМЕТРЫ И РАСЧЕТЫ СИГНАЛОВ В КАНАЛАХ РАДИОСВЯЗИ	120
Введение	120
1. Формулы для расчета характеристик	120
2. Акустическая речевая разведка (справочные данные и алгоритмы расчетов параметров защиты ОР)	123
2.1. Определение эффективного значения коэффициента акустоэлектрического преобразования	132
2.2. Оценка уязвимости акустоэлектрического канала утечки речевой информации	136
2.3. Защита акустоэлектрического канала утечки речевой информации от средств технической разведки	138
2.4. Расчет минимального уровня маскировки шумовым сигналом конфиденциальной речевой информации	139
3. Определение уровня атмосферных шумов, действующих на сигнал	144
4. Расчет ослабления радиосигнала в диапазоне несущих частот 0,03...100 ГГц	145
5. Расчет ослабления радиосигнала в диапазоне несущих частот 0,003...30 МГц	151
6. Определение характеристик взаимного пространственного положения между РЭС и средством РРТР	155
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	159

ЧАСТЬ 1.

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ ОТ ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗВЕДОК

Введение

Защита информации от утечки по техническим каналам – это комплекс организационных, организационно-технических и технических мероприятий, исключающих или ослабляющих бесконтрольный выход конфиденциальной информации за пределы контролируемой зоны.

В основе утечки информации лежит неконтролируемый перенос конфиденциальной информации посредством акустических, световых, электромагнитных, радиационных и других полей и материальных объектов.

Причины и условия утечки информации при всех своих различиях имеют много общего.

Причины утечки информации связаны, как правило, с несовершенством норм по сохранению информации, а также с нарушением этих норм (в том числе и несовершенных), отступлением от правил обращения с соответствующими документами, техническими средствами, образцами продукции и другими материалами, содержащими конфиденциальную информацию.

Условия включают различные факторы и обстоятельства, которые складываются в процессе научной, производственной, рекламной, издательской, отчетной, информационной и иной деятельности предприятия и создают предпосылки для утечки информации. К таким факторам и обстоятельствам могут, например, относиться:

- недостаточное знание работниками предприятия правил защиты информации и непонимание необходимости их тщательного соблюдения;
- использование неаттестованных технических средств обработки конфиденциальной информации;

- слабый контроль за соблюдением правил защиты информации правовыми, организационными и инженерно-техническими мерами;
- текучесть кадров, в том числе владеющих сведениями конфиденциального характера.

Таким образом, большая часть причин и условий, создающих предпосылки и возможность утечки информации, возникает из-за недоработок руководителей предприятий и их сотрудников.

Кроме того, утечке информации способствуют:

- стихийные бедствия (шторм, ураган, смерч, землетрясение, наводнение);
- неблагоприятная внешняя среда (гроза, дождь, снег);
- катастрофы (пожар, взрывы);
- неисправности, отказы, аварии технических средств и оборудования.

Технические каналы утечки информации являются источником информации для технической разведки, осуществляющей добывание информации с помощью технических средств. Считается, что на долю технической разведки приходится более 50 % всей добываемой информации. Поэтому проблема защиты от технической разведки имеет особую актуальность.

В данной части пособия рассматриваются вопросы, относящиеся к принятой в ФСТЭК России классификации технических разведок, теоретические основы обнаружения, распознавания и оценки параметров сигналов, перехватываемых средствами технической разведки, оценка возможностей технических разведок по перехвату информации ограниченного распространения.

1. Классификация технических разведок

Существует достаточно большое количество различных классификаций технических разведок, позволяющих выявить «опасные» виды разведок и в дальнейшем квалифицированно решать задачи противодействия выявленным видам. Наиболее полная классификация разработана Гостехкомиссией (ФСТЭК) России, которая, с необходимыми для учебного пособия дополнениями, положена в основу данной главы.

Обобщенная функциональная структура технических разведок представлена на рис. 1.1. Объекты разведки A , C (групповые объекты информатизации) и объект B (одиночный объект информатизации) являются источниками информации для средств технической разведки (СТР). В основу ведения разведки об ОР положены технические демаскирующие признаки объектов информатизации, которые могут проявляться в достаточно широком диапазоне частот (от инфранизких частот до γ -излучения).

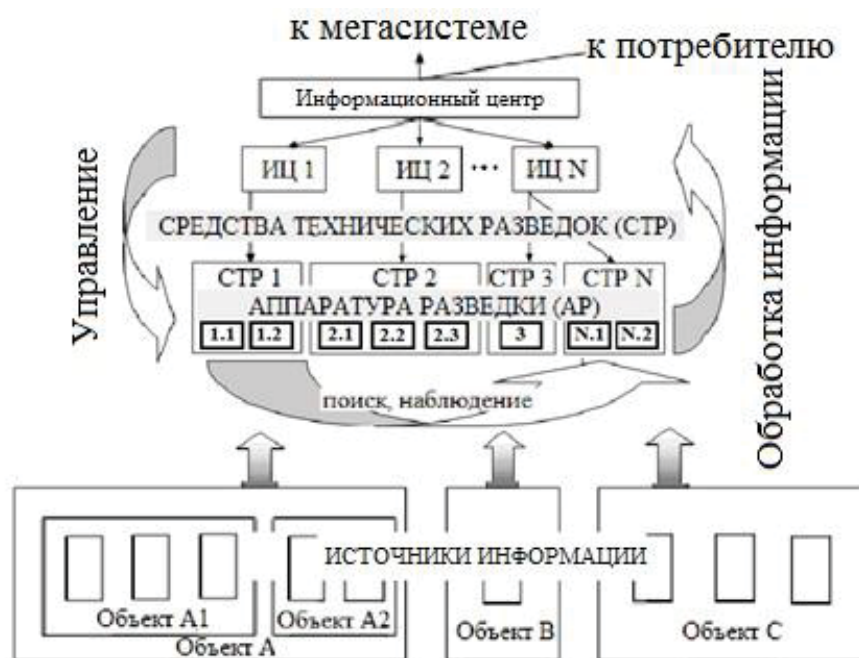


Рис. 1.1. Обобщенная функциональная структура СТР [1, 2]

Для получения достоверной информации о деятельности ОР техническая разведка ведется комплексно, т. е. с применением аппаратуры разведки (АР), функционирующей в широком диапазоне частот и построенной по разным физическим принципам.

Собранная от СТР информация поступает в локальные информационные центры (ИЦ), где подвергается предварительной обработке (анализ, дешифрация и т. п.) и передается в головной ИЦ для принятия решений о продолжении разведдеятельности в утвержденном ранее направлении или передаче полученных разведданных потребителю.

На рис. 1.2 представлена схема информационного процесса взаимодействия технических разведок с ОР. Здесь $\theta(\vec{X}_E, \vec{Y}_E) = [x_1^m, x_2^m, \dots, x_i^m, \dots, x_N^m]$, $i = \overline{1, N}$, $m = \overline{1, M}$ – вектор параметров демаскирующих признаков ОР, действующий на входе пространственно-многоканального приемника разведки (\vec{X}_E – полный вектор параметров демаскирующих признаков собственно ОР и других объектов, находящихся в единой системе с ОР; \vec{Y}_E – вектор оригинальных параметров ОР, выделяющих его на фоне параметров других объектов); $\vec{F}_m(x_i^m)$, $i = \overline{1, N}$, $m = \overline{1, M}$ – вектор информационных параметров от объектов, локализованных в стробируемой приемником разведки области пространства пространственно-временным и пространственно-частотным селектором $S_{x,m}$.

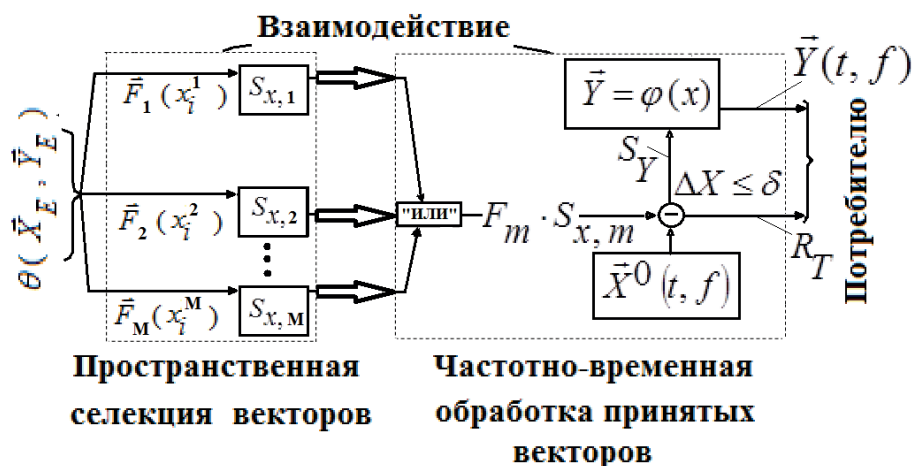


Рис. 1.2. Схема информационного процесса взаимодействия технических разведок с ОР

Процесс разведки протекает в следующей последовательности: после приема множества сигналов аппаратурой ТР по совокупности параметров демаскирующих признаков (координаты векторов $\vec{F}_m(x_i^m)$ на выходах селекторов $S_{x,m}$) проводится их сравнение с базой данных $\vec{X}^0(t, f)$ разведки (априорные частотно-временные параметры возможных демаскирующих признаков разведываемого ОР). На основе этого сравнения формируется правило:

$$\Delta X = F_m(x_i^m)S_{x,m} - \vec{X}^0(t, f) \leq \delta, \quad (1.1)$$

где δ – установленный порог для принятия решения о присутствии в векторе $\vec{F}_m(x_i^m)$ признаков разведываемого вектора $\vec{Y}(t, f)$.

При выполнении условия (1.1) принимается решение об обнаружении и распознавании вектора $\vec{Y}(t, f)$ с вероятностью R_T , и принятые данные в виде вектора S_Y поступают в блок анализа параметров вектора $\vec{Y}(t, f)$ ($\vec{Y} = \varphi(x)$). Полученные результаты разведки передаются в ИЦ для их дальнейшей обработки.

Для установления опасных видов ТР необходимо знать их возможности и классификацию по извлечению информации от защищаемого ОР.

В качестве классификационных признаков ТР используются:

- принадлежность средства технической разведки (СТР) к конкретному иностранному государству, конкурирующим организациям или преступным группировкам;
- местонахождение носителей аппаратуры разведки;
- территориальные особенности применения СТР;
- физические принципы построения аппаратура разведки.

Первый классификационный признак отражает принадлежность СТР к конкретному государству или преступной группировке.

В зависимости от местоположения носителей аппаратуры разведки рассматривают следующие виды СТР:

- космические СТР;
- наземные СТР;
- воздушные СТР;
- морские СТР.

По отношению к территориальному пространству России рассматривают:

- для наземной разведки – разведку с территории иностранных государств и разведку непосредственно на территории России;
- для воздушной разведки – разведку из-за пределов территории России и разведку из воздушного пространства непосредственно над территорией России;
- для морской разведки – разведку в нейтральных и территориальных водах России;
- для космической разведки доступна вся территория России.

Классификация ТР по физическим принципам построения аппаратуры и по функциональному назначению принята ФСТЭК России. Виды ТР приводятся далее.

1.1. Классификация ТР по физическим принципам построения аппаратуры разведки

1.1.1. Радиоэлектронная разведка

Обеспечивает добывание радио-информации на основе обнаружения, приема и анализа излучаемых и отраженных от объектов разведки радиосигналов, а также других излучений в радиодиапазоне электромагнитных волн, сопутствующих функционированию различных технических устройств. Она включает в себя:

- радиоразведку – добывание информации, содержащейся непосредственно в перехватываемых сообщениях, передаваемых по каналам радиосвязи различ-

ного типа и назначения, и в характеристиках сигналов радиоэлектронных систем (РЭС) радиосвязи;

- радиотехническую разведку – добывание информации, содержащейся в характеристиках излучаемых сигналов РЭС, входящих в состав различных систем управления, оповещения и предупреждения;

- радиолокационную параметрическую разведку – добывание информации, содержащейся в пространственных, скоростных и отражательных характеристиках космических, воздушных, наземных и морских объектов;

- радиолокационную видовую разведку – добывание информации, содержащейся в изображениях космических, воздушных, наземных и морских объектов, получаемых по отраженным от них сигналам в радиодиапазоне электромагнитных волн;

- радиотепловую разведку – добывание информации, содержащейся в изображениях наземных объектов, получаемых по их собственным излучениям в радиодиапазоне электромагнитных волн с использованием радиометров;

- разведку ПЭМИН электронных средств обработки информации – добывание информации, содержащейся непосредственно в формируемых, передаваемых или отображаемых сообщениях и документах (текстах, таблицах, рисунках, картах, телевизионных изображениях и т. д.) с использованием радиоэлектронной аппаратуры, регистрирующей непреднамеренные прямые электромагнитные излучения и электрические сигналы средств обработки информации, а также вторичные электромагнитные излучения и электрические сигналы, наводимые прямым электромагнитным излучением в токопроводящих цепях различных технических устройств, токопроводящих конструкциях зданий и сооружений.

1.1.2. Оптико-электронная разведка

Основана на добывании информации путем обнаружения, приема и анализа излучаемых и отражаемых от объектов разведки сигналов в оптическом диапазоне электромагнитных волн. Она включает в себя:

- телевизионную разведку – добывание информации, содержащейся в изображениях космических, воздушных, наземных и морских объектов, получаемых в видимом диапазоне электромагнитных волн с использованием телевизионной аппаратуры;

- инфракрасную видовую (тепло-визионную) разведку – добывание информации, содержащейся в изображениях космических, воздушных, наземных и морских объектов в инфракрасном диапазоне электромагнитных волн;

- инфракрасную параметрическую (тепло-пеленгационную) разведку – добывание информации, содержащейся в пространственных излучательных характеристиках космических, воздушных и морских объектов в инфракрасном диапазоне электромагнитных волн;

- визуальную оптико-электрическую разведку – добывание информации, содержащейся в изображениях воздушных, наземных и морских объектов, получаемых с использованием приборов ночного видения в оптическом диапазоне электромагнитных волн;

- разведку лазерных излучений – добывание информации, содержащейся в оптических сигналах лазерной техники различного назначения.

1.1.3. Фотографическая разведка

Добывание информации, содержащейся в изображениях космических, воздушных, наземных и морских объектов, получаемых в оптическом диапазоне электромагнитных волн с использованием различных типов фотоаппаратуры.

1.1.4. Визуальная оптическая разведка

Добывание информации, содержащейся в видовых признаках наблюдаемых воздушных, наземных и морских объектов, с использованием различных типов оптических приборов (бинокли, стереотрубы, перископы, эндоскопы и т. д.)

1.1.5. Акустическая разведка

Добывание информации, содержащейся непосредственно в произносимой или воспроизводимой речи (акустическая речевая разведка), а также в парамет-

рах акустических сигналов, сопутствующих работе интересующих разведку образцов техники и других технических систем (акустическая сигнальная разведка) с использованием аппаратуры, регистрирующей акустические (распространяющиеся в воздушной среде) волны, а также электромагнитные излучения и электрические сигналы, возникающие за счет акустоэлектрических преобразований в различных технических средствах под воздействием акустических волн. Наибольшую активность и распространение получила акустическая речевая разведка.

Речевой сигнал – сложный акустический сигнал, источником которого является человеческая речь. Спектральная плотность речевого сигнала близка к спектральной плотности розового шума (розовый шум – сложный акустический сигнал, уровень спектральной плотности которого убывает по мере повышения частоты с постоянной крутизной, равной 3 дБ на октаву во всем диапазоне частот). Информация, носителем которой являются акустические сигналы, относится к акустической информации. Акустическая информация, источником которой является человеческая речь, относится к речевой информации. Речевая информация обладает высокой семантической связью и имеет наивысшую информативность, что определяет повышенный интерес разведок к ее перехвату.

Перехват акустической (речевой) информации заключается в обнаружении, распознавании, приеме, обработке и регистрации речевых сигналов, в восстановлении и анализе речи с целью выявления содержащихся в ней разведывательных сведений. Функционально-техническую структуру канала перехвата речевой информации (технического канала утечки речевой информации (ТКУРИ)), показанную на рис. 1.3, образуют источник речевого сигнала (говорящий человек или устройство звуковоспроизведения), соответствующий тип аппаратуры акустической речевой разведки и физическая среда распространения речевого сигнала.

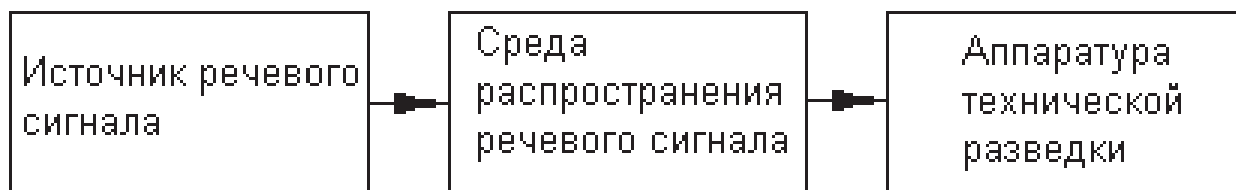


Рис. 1.3. Структура канала перехвата речевой информации

Источники речевого сигнала могут быть следующих видов:

- источник первичного речевого сигнала (говорящий человек):

а) локализованный в определенной области пространства, ограниченного ограждающими конструкциями помещения или границами контролируемой зоны (например, ведение переговоров по телефону спецсвязи);

б) неопределенный (нелокализованный) в области пространства, ограниченного ограждающими конструкциями помещения или границами контролируемой зоны (источник первичного речевого сигнала с равной вероятностью может находиться в любой точке пространства, ограниченного ограждающими конструкциями помещения или границами контролируемой зоны);

- технические средства звукоусиления и звуковоспроизведения (звукоусилительная аппаратура, магнитофоны);

- технические средства передачи речевых сигналов по проводным линиям связи (телефонная связь, ВЧ-связь по линиям электропередач и т. п.);

- технические средства передачи речевых сигналов по радиоканалу (связные радиопередатчики, сотовые телефоны и т. п.).

Относительно источника первичного речевого сигнала возможные технические каналы утечки речевой информации представлены следующей совокупностью.

Воздушный канал утечки акустической (речевой) информации – канал утечки акустической (речевой) информации, средой распространения акустических сигналов в котором является воздух.

Воздушная среда может быть обычной атмосферной или искусственно созданной газовой средой. В соответствии с этим различают атмосферный и газовый каналы утечки акустической (речевой) информации.

Гидроакустический канал утечки акустической (речевой) информации – канал утечки акустической (речевой) информации, средой распространения акустических сигналов в котором является жидкая (водная) среда.

Вибрационный (структурный) канал утечки акустической (речевой) информации – канал утечки акустической (речевой) информации, средой распространения акустических сигналов в котором являются ограждающие конструкции зданий, сооружений и другие твердые тела.

Микросейсмический канал утечки акустической (речевой) информации – канал утечки акустической (речевой) информации, обусловленный распространением механических колебаний в твердой среде, в том числе и в недрах земли.

Виброакустический канал утечки акустической (речевой) информации – канал утечки акустической (речевой) информации, обусловленный распространением механических колебаний из твердой среды в воздушную и возбуждением последней.

Электроакустический канал утечки акустической (речевой) информации – канал утечки акустической (речевой) информации, обусловленный преобразованием акустических колебаний в электрические и обратно и распространением этих колебаний в различных присущих им средах.

Опτικο-электронный (лазерный) канал утечки акустической (речевой) информации – канал утечки акустической (речевой) информации, обусловленный процессом зондирования лазерным лучом вибрирующих в акустическом поле тонких отражающих поверхностей (стекла окон, картин, зеркала и т. д.). Отраженный лазерный луч модулируется по закону вибрации зондируемых поверхностей и принимается оптическим (лазерным) приемником. Различают зеркальный и диффузный каналы утечки речевой информации.

Параметрический канал утечки акустической (речевой) информации (канал ВЧ-облучения) – канал утечки акустической (речевой) информации, обусловленный параметрическим преобразованием акустического (речевого) сигнала в нелинейном акустическом поле, создаваемом направленным излучением мощных высокочастотных бигармонических колебаний (волн накачки).

Нелинейное взаимодействие акустических сигналов и разностной частоты волн накачки (так называемой вторичной волны) способствует созданию острой (без боковых лепестков) диаграммы направленности излучения, обеспечивающей передачу акустической информации на большие расстояния.

Оптический канал утечки акустической (речевой) информации – канал утечки акустической (речевой) информации, обусловленный особенностями положения артикуляционных органов говорящего человека при воспроизведении речевых сигналов.

Относительно технических средств звукоусиления и звуковоспроизведения речевого сигнала возможные технические каналы утечки речевой информации, кроме перечисленных выше, следует дополнить *каналом побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН)*, обусловленным возможным самовозбуждением усилителей этих технических средств и работой генераторов технических средств с последующей их модуляцией информативным сигналом и электромагнитным излучением в окружающее пространство с возможной наводкой этим излучением информативных электрических сигналов в сторонних проводниках и металлических конструкциях, доступных для установки разведывательной аппаратуры.

Относительно технических средств передачи речевых сигналов по проводным линиям связи выделяются:

- *электроакустический канал утечки акустической (речевой) информации;*
- *параметрический канал утечки акустической (речевой) информации (канал ВЧ-навязывания)* – канал утечки акустической (речевой) информации, обусловленный подачей в симметричную линию телефонной связи высокоча-

стотного колебания с последующей регистрацией промодулированного информативным электрическим сигналом высокочастотного колебания, образованного за счет акустоэлектрического преобразования первичного речевого сигнала в вызывном устройстве телефонного аппарата, находящегося в режиме положенной трубки.

Относительно технических средств передачи речевых сигналов по радиоканалу следует выделить ТКУРИ:

- *радиоканал* (перехват информации радиосредствами технической разведки);
- *канал ПЭМИН*.

Для всех источников речевых сигналов могут существовать специально организованные разведкой каналы путем негласного внедрения специальных электронных устройств перехвата речевой информации (закладные устройства (ЗУ)) в технические средства или предметы интерьера помещения, в котором циркулируют подлежащие защите речевые сигналы. Разновидности и принципы построения ЗУ зависят от используемой среды взаимодействия для перехвата информации, способов съема перехваченной информации из закладного устройства разведкой. Они составляют довольно широкий спектр различных по построению и используемому частотному диапазону электронных устройств перехвата информации. Помещения, в которых циркулирует информация, отнесенная к государственной тайне, называют «выделенные помещения» (ВП), а относительно конфиденциальной информации – «защищенные помещения» (ЗП).

Перечисленные возможные каналы утечки речевой информации указывают на широкий спектр средств технической разведки, которые могут быть применены для обнаружения и перехвата этой информации.

Классификация технических разведок по обнаружению и перехвату речевых сигналов представлена следующими видами разведок.

– *Акустическая речевая разведка (АРР)*. Относится, в основном, к наземной разведке. Аппаратура АРР представляет собой рефлекторные или трубчатые направленные микрофоны с дальностью действия до 150 м и относится к портативным возимым или носимым средствам технических разведок. Может быть применена передача перехваченной информации по радиоканалу.

– *Вибрационная речевая разведка (ВРР)*. Относится к наземной разведке. Аппаратура ВРР – проводные и радио-стетоскопы, размещаемые непосредственно на разведываемой поверхности. Аппаратура ВРР относится к носимым СТР.

– *Оптико-электронная (лазерная) речевая разведка (ОЭРР)*. Аппаратура ОЭРР – лазерные микрофоны. Дальность перехвата речевой информации достигает 500 м по диффузному каналу и до 1500 м – по зеркальному. Данный вид разведки относится к возимым СТР.

– *Разведка ПЭМИН*. Она включает в себя действия по обнаружению и перехвату речевых сигналов по акустоэлектрическим каналам, по параметрическим каналам (ВЧ-облучение, ВЧ-навязывание), по каналам паразитной модуляции генераторов и усилителей склонных к самовозбуждению технических средств, находящихся в поле действия источника речевого сигнала, по радиоканалам передачи речевых сигналов. Разведка ПЭМИН относится к наземной разведке. Дальность перехвата информации достигает 2000 м при расположении аппаратуры на стационарных постах разведки. В качестве аппаратуры разведки ПЭМИН используются различного типа сканирующие радиоприемники.

– *Радиоразведка (РР)*. Аппаратура разведки представляет собой высокочувствительные радиоприемники, которые могут располагаться на космических аппаратах (космическая разведка), воздушных судах и летательных аппаратах (воздушная разведка), на стационарных постах на территории России, может быть носимой портативной и возимой. Считается, что ограничения по дальности перехвата информации для радиоразведки несущественны.

– *Визуальная оптическая разведка.* Добывание речевой информации, содержащейся в видовых признаках положения артикуляционных органов говорящего человека, наблюдаемых с использованием различных типов оптических приборов (бинокли, стереотрубы, перископы, эндоскопы и т. д.), а также кинофотоаппаратуры.

– *Визуальная оптико-электронная разведка.* Добывание информации, содержащейся в видовых признаках положения артикуляционных органов говорящего человека, наблюдаемых с использованием приборов ночного видения в оптическом диапазоне электромагнитных волн.

Размеры области пространства, обеспечивающие конкретному виду технической разведки возможности по обнаружению и перехвату защищаемых речевых сигналов, определяют границы информационного взаимодействия источника речевого сигнала с рассматриваемым видом технической разведки. Размеры области информационного взаимодействия для разных видов ТР в значительной мере различны и определяются физическими особенностями преобразований первичного речевого сигнала в иные формы колебательных процессов в различных средах распространения этих сигналов, а также особенностями построения и применения аппаратуры конкретной ТР. Процесс информационного взаимодействия ИРС со средствами технических разведок можно представить в виде обобщенного канала утечки речевой информации рис. 1.4.

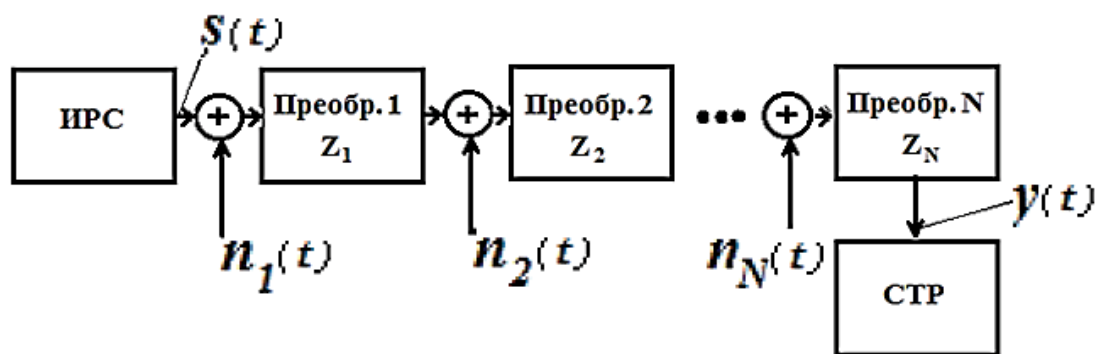


Рис. 1.4. Обобщенный канал утечки речевых сигналов

Обозначения к рис. 1.4:

$Z_i, i = 1, 2, \dots, N$ – коэффициент преобразования речевого сигнала в i -й среде распространения;

$S(t)$ – первичный речевой сигнал;

$n_i(t), i = 1, 2, \dots, N$ – шум, действующий в i -й среде распространения;

$y(t) = S(t) Z_1 Z_2 \dots Z_N + n(t)$ – смесь (сигнал + шум) на входе СТР;

$n(t) = n_1(t) Z_1 Z_2 \dots Z_N + n_2(t) Z_2 Z_3 \dots Z_N + n_N(t) Z_N$ – шумовая помеха, действующая на входе СТР.

Зная особенности преобразований и распространений преобразованного речевого сигнала в каждой конкретной i -й среде распространения, можно оценить уровни информационного сигнала, достигающего вход аппаратуры ТР, и для конкретной помеховой обстановки вычислить отношение «информационный сигнал / шум» на входе этой аппаратуры. Такая процедура позволяет оценить границы информационного взаимодействия ИРС с конкретным видом ТР и определить опасность анализируемого канала утечки речевой информации. При определении защищенности каждого конкретного канала утечки речевой информации необходимо учитывать расположение защищаемого ИРС внутри контролируемой зоны (расстояния от ИРС до границ контролируемой зоны) и проводить сравнительную оценку расположения ИРС относительно границ информационного взаимодействия ИРС – СТР. Так как под контролируемой зоной (КЗ) понимается область пространства, в пределах которой недопустимо неконтролируемое пребывание посторонних (не имеющих доступа в КЗ) лиц, то при превышении расстояний от ИРС до границ КЗ соответствующих расстояний до границ информационного взаимодействия ИРС – СТР канал утечки речевых сигналов считается защищенным. В противном случае необходимо применять соответствующий комплекс защитных мероприятий. Такие процедуры проводят по каждому из возможных каналов утечки речевых сигналов.

Задачи закрытия каналов перехвата речевой информации

В общем случае комплекс мероприятий по защите ВП или ЗП включает:

- защиту речевой информации, обрабатываемой техническими средствами, от утечки за счет электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН);
- защиту речевой информации от утечки за счет эффекта электроакустического преобразования вспомогательных технических средств и систем (ВТСС);
- защиту речевой информации от утечки за счет лазерного зондирования стекол или стетоскопического прослушивания ограждающих конструкций;
- защиту речевой информации от утечки за счет несанкционированного доступа в помещение и скрытой установки в нем подслушивающих приборов (микрофонов, магнитофонов, радиопередатчиков и т. д.);
- акустическую защиту помещений.

Из практических соображений может быть установлена следующая шкала оценок качества перехваченного речевого сообщения.

- Перехваченное речевое сообщение содержит количество правильно понятых слов, достаточное для составления подробной справки о содержании перехваченного разговора.
- Перехваченное речевое сообщение содержит количество правильно понятых слов, достаточное только для составления краткой справки-аннотации, отражающей предмет, проблему, цель и общий смысл перехваченного разговора.
- Перехваченное речевое сообщение содержит отдельно правильно понятые слова, позволяющие установить предмет разговора.
- При прослушивании фонограммы перехваченного речевого сообщения возможно установить факт наличия речи, но нельзя установить предмет разговора.

Практический опыт показывает, что составление подробной справки о содержании перехваченного разговора невозможно при словесной разборчивости менее 60–70 %, а краткой справки-аннотации – при словесной разборчивости

менее 40–50 %. При словесной разборчивости менее 20–30 % значительно затруднено установление даже предмета ведущегося разговора, а при словесной разборчивости менее 10 % это практически невозможно даже с использованием современной техники фильтрации помех.

1.1.6. Разведки узкоспециализированного применения

Перечисленные выше виды технических разведок относятся к разведкам широкого применения. Классификация СТР по физическим принципам построения аппаратуры разведки, применяемой для решения узко-специализированных разведовательных задач, состоит из следующих видов ТР.

- ***Гидроакустическая разведка***

Этот вид разведки обеспечивает добывание информации на основе обнаружения и анализа акустических волн, излучаемых или отражаемых объектами разведки в водной среде. Гидроакустическая разведка состоит из следующих видов:

- разведка гидроакустических шумовых полей – добывание информации, содержащейся в характеристиках излучаемых объектами разведки гидроакустических шумовых полей;
- гидролокационная параметрическая разведка – добывание информации, содержащейся в пространственных, скоростных и других характеристиках объектов, получаемых по отраженным от них гидроакустическим сигналам;
- гидроакустическая видовая разведка – добывание информации, содержащейся в изображениях дна и донных объектов, получаемых по отраженным от них гидроакустическим сигналам;
- разведка гидроакустических сигналов – добывание информации, содержащейся в характеристиках излучаемых сигналов различных гидроакустических средств;

– разведка звукоподводной связи – добывание информации, содержащейся непосредственно в передаваемых сообщениях (информационных потоках), передаваемых по каналам звукоподводной связи, и характеристиках сигналов систем звукоподводной связи.

- *Магнитометрическая разведка*

Этот вид разведки обеспечивает добывание информации, содержащейся в магнитных полях (магнитных моментах) объекта разведки, с использованием магнитометров и градиентометров.

- *Химическая разведка*

Функционирование разведки заключается в добывании информации, содержащейся в химическом составе веществ объекта разведки и в структуре окружающей его среды, с использованием различных типов анализаторов и пробоотводной аппаратуры.

- *Радиационная разведка*

Данный вид разведки обеспечивает добывание информации, содержащейся в ионизирующих излучениях объекта разведки и радионуклидах окружающей его среды, с использованием различных типов радиометров и спектрометров, а так же пробоотводной аппаратуры.

- *Сейсмическая разведка*

Разведка обеспечивает добывание информации, содержащейся в характеристиках сейсмических волн, создаваемых объектом разведки, с использованием сейсмометрической аппаратуры.

- *Компьютерная разведка*

Компьютерная разведка обеспечивает добывание информации из электронных баз данных ЭВМ, включенных в компьютерные сети открытого типа.

1.2. Классификация технических разведок по виду носителей аппаратуры СТР

По носителям аппаратуры СТР различают следующие виды технических разведок.

- *Космическая разведка:*

- космические аппараты (КА) разведывательного назначения (разведывательные КА);

- КА исследования природных ресурсов Земли, космического пространства, КА навигации и другого назначения, используемые в интересах разведки (КА двойного назначения);

- пилотируемые космические корабли;

- орбитальные станции;

- специальные баллистические ракеты.

- *Наземная разведка:*

с территории иностранных государств:

- стационарные центры разведки;

- подвижные пункты разведки.

На территории РФ:

- пункты разведок в посольствах, консульствах, оборудованные стационарной аппаратурой разведки;

- посты разведки в различных иностранных представительствах и местах проживания иностранных граждан, из которых может вестись разведка с использованием портативной разведкааппаратуры возимого и носимого типов;

- отдельные физические лица, использующие портативную возимую и носимую разведкааппаратуру;

- автономные автоматические средства разведки (различные электронные устройства перехвата информации);

– средства, используемые при проведении совместных научно-исследовательских работ, различные виды импортного оборудования, которые могут быть использованы для ведения ТР (аппаратура двойного назначения).

- *Воздушная разведка:*

из-за пределов РФ:

- самолеты стратегической разведки;
- самолеты базовой авиации ВМС;
- самолеты тактической разведки;
- самолеты дальнего радиолокационного обнаружения и управления.

На территории РФ:

- самолеты иностранных компаний;
- самолеты наблюдения по режиму «открытое небо».

- *Морская разведка*

Нейтральные воды:

- специальные гидроакустические разведсистемы;
- специальные разведывательные корабли;
- наводные и подводные корабли;
- научно-исследовательские, промысловые и другие суда.

В территориальных водах РФ:

- военные корабли, торговые, научные и другие суда, заходящие в территориальные воды и порты РФ на легальной основе;
- военные корабли, научные и другие суда, заходящие в территориальные воды РФ на нелегальной основе;
- аквалангисты (боевые пловцы);
- специальные автономные автоматические средства для перехвата информации с подводных кабелей связи.

К наиболее распространенным объектам информатизации, требующим защитных мероприятий от СТР, относятся: средства и системы информатизации (средства вычислительной техники, автоматизированные системы различного

уровня и назначения на базе средств вычислительной техники, в том числе информационно-вычислительные комплексы, сети, системы связи и передачи данных), технические средства приема, передачи и обработки информации (телефонии, звукозаписи, звукоусиления, звуковоспроизведения, переговорные и телевизионные устройства, средства изготовления, тиражирования документов и другие технические средства обработки речевой, графической, видео-, смысловой и буквенно-цифровой информации), программные средства (операционные системы, системы управления базами данных, другое общесистемное и прикладное программное обеспечение), используемые для обработки конфиденциальной информации; технические средства и системы, не обрабатывающие непосредственно конфиденциальную информацию, но размещенные в помещениях, где обрабатывается (циркулирует) эта информация; выделенные помещения, которые предназначены для ведения закрытых переговоров или в которых размещены средства закрытой телефонной связи.

Поэтому далее мы рассмотрим только те виды и средства разведки, которые являются опасными для информации, циркулирующей на вышеперечисленных объектах информатизации. Особо выделяются наземные СТР, применяемые на территории России.

2. Наземная разведка на территории России

В зависимости от оперативных условий технической разведки (условий применения технических средств в зоне разведдоступности объекта), разновидностей объектов разведки, возможностей скрытого применения технических средств иностранные государства на территории России используют следующие виды аппаратуры разведки:

- стационарную;
- портативную возимую;
- портативную носимую;
- автономную автоматическую.

2.1. Стационарная разведывательная аппаратура

С использованием стационарной разведывательной аппаратуры наземная разведка на территории России систематически ведется из зданий посольств и консульств иностранных государств, обладающих правом экстерриториальности по отношению к нашему государству. На базе стационарной аппаратуры в посольствах и консульствах функционируют пункты технической разведки. Они используются преимущественно для:

- ведения радио- и радиотехнической разведки на дальностях до нескольких сотен километров с целью перехвата сообщений в наземных радиосетях связи и управления различного назначения, в системах управления воздушно-космическими средствами;
- ведения фотографической, оптико-электронной, визуально-оптической, акустической разведок, разведки ПЭМИН в пределах зоны разведдоступности стратегически важных объектов (зданий государственных органов управления, научно-исследовательских институтов, вычислительных центров, территории военных и промышленных объектов, кабельных коммуникаций, проходящих через территории этих объектов, и т. п.);
- сбора развединформации с автоматической аппаратуры разведки и управления этой аппаратурой.

Кроме этого, из зданий посольств и консульств всех иностранных государств, расположенных на территории России, для ведения технической разведки применяется портативная аппаратура.

2.2. Портативная разведывательная аппаратура

С помощью портативной аппаратуры иностранные государства, а также преступные группировки, могут использовать:

- имеющиеся в их распоряжении здания и сооружения представительств, миссий, квартиры и другие места проживания иностранных граждан, места пребывания инспекционных групп на постоянной основе и т. п.;

- здания и помещения совместных предприятий;
- транспортные средства, обслуживающие дипломатические представительства и имеющие право перемещения по территории соответствующего региона России;
- различных специалистов, легально контактирующих с органами государственного и военного управления, научно-исследовательскими организациями, осуществляющих контрольные акции по международным договорам в различных сферах государственной деятельности и т. п.

2.2.1. Портативная возимая аппаратура

Используется преимущественно для ведения РРТР, разведки ПЭМИН, оптико-электронной, фотографической, визуально-оптической, акустической разведки и др., разведки лазерных излучений, химической, магнитометрической и радиационной разведок в непосредственной близости от стратегически важных государственных, военных и промышленных объектов. Разведывательная аппаратура устанавливается на транспортных средствах, а добывание разведанных происходит во время движения транспортного средства вблизи объектов разведки или при его парковке у этих объектов. В состав портативной возимой аппаратуры разведки может входить аппаратура сбора информации с автономных автоматических средств разведки и управления ими.

2.2.2. Портативная носимая аппаратура

Используется физическими лицами преимущественно для ведения РРТР, разведки ПЭМИН, оптико-электронной, фотографической, визуально-оптической, акустической, химической и радиационной разведок в непосредственной близости от государственных, военных и промышленных объектов. Портативная аппаратура может также использоваться при неконтролируемом пребывании физических лиц непосредственно на территории объектов, включая служебные помещения, машинные залы, цехи технологических производств и т. п. С портативной носимой аппаратурой разведки может функционально объединяться аппаратура сбора информации с автоматических средств разведки и управления ими.

2.3. Автономная автоматическая аппаратура разведки

Используется иностранными государствами вблизи стратегически важных государственных, промышленных и военных объектов, а также непосредственно на их территориях, включая служебные помещения, помещения технологических производств и т. п. Установка данной аппаратуры осуществляется скрытно, как правило, в условиях неконтролируемого посещения таких объектов.

Автономная автоматическая аппаратура используется преимущественно для скрытого ведения фотографической, телевизионной, химической, акустической, радио- и радиотехнической разведок, разведки ПЭМИН, разведки лазерных излучений и устанавливается в непосредственной близости от стратегически важных государственных, военных и промышленных объектов. Автономная автоматическая аппаратура может устанавливаться при неконтролируемом пребывании физических лиц непосредственно на территории объектов, включая служебные помещения, машинные залы, цехи технологических производств и т. п.

Автономная автоматическая аппаратура используется также для перехвата информации, передаваемой по кабельным линиям связи (в том числе, по волоконно-оптическим линиям связи). При этом, как правило, применяются бесконтактные способы подключения аппаратуры к линиям связи. Регистрация информации осуществляется на различные типы магнитных носителей (продолжительность непрерывной записи составляет более 100 часов, объем записываемой информации – более 1 Гбайта). Информация в разведорганы поступает либо после извлечения аппаратуры с места ее установки, либо автоматически, по каналам радиосвязи.

Наиболее широкое применение в иностранной технической разведке на территории России получила аппаратура акустической речевой разведки.

2.4. Аппаратура акустической речевой разведки

В автономной автоматической аппаратуре акустической речевой разведки для регистрации речевой информации используются различного типа:

- микрофоны (преобразователи акустических сигналов, распространяющихся в воздушной и газовой средах), радиомикрофоны и оптические микрофоны;
- контактные микрофоны – стетоскопы (преобразователи виброакустических сигналов, распространяющихся по строительным конструкциям зданий, элементам вооружения и военной техники);
- электронные устройства перехвата речевой информации с проводных линий (высокочувствительные приемники электрических сигналов, подключаемые к проводным линиям обмена речевой информацией).

2.4.1. Радиомикрофоны

Диапазон рабочих частот радиомикрофонов простирается от 88 МГц до 950 МГц. Четко проявились два направления реализации радиомикрофонов.

- *Радиомикрофоны УКВ-диапазона*

Радиомикрофоны УКВ-диапазона – это узкополосные передатчики с применением АМ и ЧМ модуляции. Используется кварцевая и схмотехническая стабилизация частоты. Это сравнительно недорогие СТС. Принципиальный недостаток – реальная возможность обнаружения сканерами (на больших расстояниях) и индикаторами поля (на сравнительно небольших расстояниях). Именно поэтому многие из них комплектуются каналом дистанционного управления.

- *Широкополосные радиомикрофоны*

Широкополосные радиомикрофоны значительно дороже (почти на порядок) в сравнении с радиомикрофонами УКВ диапазона, так как используют цифровые методы передачи информации. Типичные для них скорости передачи данных 700–800 Кбит/с, что соответствует полосе излучаемых частот до 10 МГц. Достоинство: повышенная энергетическая скрытность, малая вероятность об-

наружения их работы сканерами. К тому же обеспечивается высокая информационная скрытность. Что касается скрытности от индикаторов поля, определяемой уровнем общей мощности излучения, то она сопоставима со скрытностью узкополосных радиомикрофонов.

Уровни выходной мощности радиомикрофонов составляют от нескольких милливатт (простейшие узкополосные) до нескольких десятков или даже сотен милливатт, что обеспечивает дальность контроля от 100 и более метров.

Автономные радиомикрофоны снабжаются малогабаритными литиевыми, реже ртутно-цинковыми источниками тока, что позволяет обеспечить их непрерывное функционирование от 2 до 10 и более суток. Применение блока дистанционного включения-выключения радиомикрофона повышает реальную продолжительность работы в 4–5 раз. Широко представлены радиомикрофоны с сетевым питанием (от телефонной сети и сети электропитания).

Изделия бывают выполнены в разнообразных видах камуфляжа: ручки, бруски, таблетки, зажигалки, калькуляторы, сигаретные пачки, куски гофракартона, электророзетки, элементы телефонных аппаратов. Радиомикрофоны встраивают в действующие пейджеры, дымоизвещатели, элементы одежды и головные уборы, футляры, радиопереговорные устройства и т. п.

Для приема сигналов от радиомикрофонов используются, как правило, специальные приемники, либо в виде профессиональных устройств (часто в кейсе), либо имеющие вид бытовых радиоприемников.

2.4.2. Оптические микрофоны

Передачик представляет собой устройство контроля речевой информации от выносного микрофона путем передачи модулированного (по амплитуде) невидимого глазом инфракрасного излучения. Источником излучения служит обычно светодиод. Такие оптоэлектронные системы часто называют системами с альтернативной технологией. В качестве приемника используется специальная оптоэлектронная аппаратура с кремневым фотоприемником. Их отличие от радиомикрофонов в том, что передаваемый им речевой сигнал поступает на вход радиопередатчика не от микрофона воздушной проводимости (электрет-

ного или электродинамического), а от пьезоэлектрического акселерометра, прикрепляемого к ограждающей конструкции и регистрирующего ее микроколебания.

2.4.3. Лазерные микрофоны

Лазерные микрофоны относятся к системам пассивного типа с использованием естественных отражателей – модуляторов, представляющих собой обычные внутренние оконные стекла, либо иные тонкие отражающие поверхности, находящиеся под воздействием речевого сигнала.

Конкретное лазерное излучение от стандартного источника направляется в сторону окна контролируемого помещения. Отраженная (по законам геометрической оптики) от внутреннего стекла часть излучения «возвращается» в направлении контрольного пункта и попадает в приемник. При колебаниях оконного стекла происходят изменения в отраженном лазерном луче: изменяется частота, фаза и направление его прихода на приемное устройство. В зависимости от того, какой из параметров поля регистрируется, получаются различные по помехозащищенности системы.

Простейшей является система с регистрацией угла прихода волны. Более сложными, однако более помехозащищенными, являются системы с регистрацией фазовых и частотных изменений.

Основной принципиальный недостаток всех таких систем – незащищенность от действия гидрометеоров (дождя, снега, града, пыли), порывистого ветра и интенсивных уличных помех.

Дальность контроля принципиальных ограничений не имеет, однако на дистанциях более 150–200 м возникают сложности по стабилизации системы и ее настройке. Системы дорогие и относятся к числу высокопрофессиональных угроз.

2.4.4. Передача информации к внешним средствам регистрации

В качестве проводных линий при передаче информации к внешним средствам регистрации могут быть использованы:

- сети переменного тока;
- линии телефонной связи;
- радиотрансляционные и технологические (пожарной, охранной сигнализации, кабели телеантенн и т. п.) линии;
- специально проложенные проводные линии.

Удаленность внешних средств регистрации, подключаемых к указанным выше проводным линиям, составляет до 500 м. В сетях автоматической телефонной связи (ведомственных, городских, междугородных и международных) удаленность подключения внешних средств регистрации может определяться дальностью действия конкретной телефонной сети.

2.4.5. Способы подключения устройств перехвата речевой информации к телефонным линиям

Электронные устройства перехвата речевой информации могут подключаться к телефонным линиям следующими способами:

- последовательно (в разрыв одного из проводов);
- параллельно (одновременно к двум проводам);
- с помощью индукционного датчика (бесконтактное подключение).

Питание устройства при последовательном и параллельном подключении осуществляется от телефонной линии, а при бесконтактном – от автономного источника тока. Получаемая информация передается, как правило, по радиоканалу в диапазоне частот 20–1500 МГц и дальностью передачи до 1000 м. Радиопередающее устройство активизируется только на время телефонного разговора. Кроме того, устройство может осуществлять запись речевой информации на магнитный носитель. При этом устройство записи активизируется только в процессе ведения телефонного разговора.

Микрофоны и стетоскопы размещаются в местах наилучшего приема акустического и виброакустического сигналов с учетом условий оптимальной передачи сигналов по соответствующим каналам. Электронные устройства перехвата речевой информации размещаются в местах наилучшего доступа к ли-

ниям передачи информации с учетом обеспечения скрытности их установки и функционирования. Режимы работы всех устройств перехвата речевой информации могут задаваться автоматически по акустическому сигналу, либо дистанционно, по соответствующим каналам передачи информации.

2.4.6. Внешние устройства регистрации информации

В качестве внешних устройств регистрации речевой информации могут использоваться магнитофоны, диктофоны, устройства записи на основе использования цифровых методов, устанавливаемые в местах сбора разведывательной информации.

2.4.7. Генераторы высокочастотных колебаний

Не исключается возможность использования технической разведкой специальных генераторов высокочастотных колебаний и генераторов высокочастотного электромагнитного поля.

Первый вид генераторов применяется для ведения речевой акустической разведки с использованием аппаратуры различного назначения, обладающей микрофонным эффектом и подключенной к проводным линиям (телефонные аппараты, громкоговорители, датчики охранных систем и т. п.). При этом высокочастотные колебания подаются в проводную линию и, промодулированные речевым сигналом (непосредственно при телефонном разговоре либо за счет микрофонного эффекта при ведении разговоров рядом с аппаратурой), принимаются в местах сбора разведывательной информации или с помощью радиоприемных устройств, или с помощью устройств, подключаемых к проводным линиям. Подобный технический разведывательный канал с аппаратурой высокочастотного «навязывания» может иметь дальность действия до 50 м при использовании радиоприемных устройств и до 300 м при подключении приемной аппаратуры к проводным линиям.

Генераторы высокочастотного электромагнитного поля используются для:

- активизации работы средств акустической разведки при их облучении;
- ведения акустической речевой разведки посредством облучения элементов, расположенных в акустическом поле речевого сигнала и подверженных

механическим колебаниям под воздействием этого поля, с последующим приемом отраженного электромагнитного поля и выделением модулированного низкочастотного сигнала;

– ведения акустической речевой разведки при облучении радиоэлектронной аппаратуры (радиоприемник, магнитофон, телевизор), расположенных в акустическом поле речевого сигнала, с последующим приемом вторичного высокочастотного излучения и выделением модулированного низкочастотного сигнала.

Технический разведывательный канал с аппаратурой высокочастотного «облучения» может иметь дальность действия до 1 км. Аппаратура может быть выполнена в стационарном или возимом вариантах. Рабочий диапазон аппаратуры – дециметровый и сантиметровый диапазоны радиоволн.

2.5. Специальные фото-, видео- и оптические системы

Наиболее распространенным видом сигнальной информации является зрительная (объемно-видовая). Речь идет о восприятии окружающей обстановки, документов, экранов мониторов и т. д. органом зрения человека в естественном, неискаженном виде.

Возможны два варианта применения оптических систем. В одном из них осуществляется непосредственное восприятие глазом человека окружающей обстановки путем применения специальных технических средств, расширяющих возможности органа зрения по видению в условиях недостаточной освещенности, при удаленности объектов наблюдения и недостаточности углового разрешения. Не исключается при этом документирование зрительной информации с использованием фотопленочных или электронных носителей с последующим зрительным ее восприятием, что позволяет в целом называть такие технические средства оптоэлектронными.

Возможны другие ситуации, когда не обязательно присутствие человека на месте событий. В этом случае наблюдение и документирование событий осу-

ществляются скрытно (по крайней мере, органолептически). Достигается это применением оптики с малым (диаметром 1–2,5 мм) входным зрачком (т. н. пин-холловской оптики) при соответствующем камуфляже специальных устройств (атташе-кейс, поясной ремень и т. п.).

На вооружении разведки имеется широкая номенклатура средств в виде малоформатных минифотоаппаратов, малогабаритных монокуляров, длинно-фокусных монокуляров с большим увеличением, профессиональных бинокуляров и др.

2.6. Технические средства негласного перехвата и регистрации информации с технических каналов связи

Под техническими каналами связи понимается система передачи и приема сигнальной информации между двумя техническими устройствами без вмешательства человека в процесс информационной связи. Примерами являются система передачи факсимильных сообщений, пейджинговой связи, телеграфной и др.

2.6.1. Системы факсимильной связи

Они используют, как правило, существующие линии проводной телефонной связи, однако не исключаются беспроводные их варианты на базе, например, спутниковой связи. Факсимильное сообщение – это буквенно-графическое сообщение, передаваемое в цифровой форме с помощью специальных устройств.

К средствам перехвата факсимильных сообщений относятся специализированные датчики (сенсоры), осуществляющие высокоомный контактный или бесконтактный съем сигналов с телефонных линий, адаптированных только к приему-передаче факсимильной информации и передающих данные на пункт контроля. Передача чаще всего осуществляется по радиоканалу УКВ-диапазона. Бывает также аппаратура одноканального, но чаще многоканального, приема и обработки сигналов с «факсимильных» датчиков с расширенными

функциями по компрессии данных. По сути это специализированные вычислительные комплексы. Скорость приема и обработки данных достигает 10000 бит/с.

2.6.2. Каналы пейджинговой связи

Пейджинговая связь – это система персонального вызова и уведомлений с использованием миниатюрных радиоприемников (пейджеров) у пользователей – абонентов сети и мощного связующего передатчика на центральной станции. В мире существует три стандарта передачи пейджинговых сообщений (тональный, цифровой и голосовой). В большинстве случаев применяется цифровой по протоколу *POCSAG*, разработанному и введенному впервые Британским почтовым ведомством. Протокол предусматривает стандартные скорости передачи 512, 1200 и 2400 бит/с. Передача-прием сообщений идет в двоичном виде блоками из 17 слов.

Системы перехвата пейджинговых сообщений основаны на использовании широкодиапазонных радиоприемников и компьютеров. Они способны осуществлять мониторинг сотен пейджеров, декодировать сообщения и документировать их (на электронном или бумажном носителе). Каждому сообщению в общем случае присваивается свой номер, и оно автоматически размещается в соответствующем файле.

2.6.3. Каналы (сети) компьютерной связи

Компьютерная сеть – это несколько ЭВМ, функционирующие совместно, соединенные друг с другом и с файловым сервером проводным способом. В качестве соединительных кабелей используют обычно толстые или тонкие кабели, коаксиальные кабели, экранированные витые пары или волоконно-оптические кабели. Реальная скорость передачи данных – порядка 500 Кбайт/с. Все данные передаются в цифровой форме.

2.6.4. Каналы телексной связи

Телексная связь представляет собой абонентскую телеграфную связь через телефонную станцию. Использует, кроме телефонной линии, другие каналы те-

леграфной связи (воздушные проводные линии, радиорелейные и др.). Скорость передачи данных небольшая.

2.6.5. Каналы телекоммуникаций

По форме передаваемых сигналов их можно разделить на две группы: назвать соответственно аналоговыми и цифровыми. Примерами аналоговых каналов являются каналы передачи сигналов тревожного оповещения большинства систем охранно-пожарной сигнализации, часть систем контроля и ограничения доступа, систем охранного телевидения и др.

Системы перехвата сигналов с телекоммуникаций базируются на компьютерной основе, имеют соответствующее целевое программное обеспечение и память, позволяющую «помнить» сигналы с линий. Для аналоговых линий необходимы соответствующие преобразователи. В составе систем (а точнее комплексов) имеются соответствующие датчики, предназначенные для съема сигнальной информации с телекоммуникационных линий. Проще решается задача в случае неэкранированных или слабоэкранированных линий. В этом отношении более доступными могут оказаться линии охранно-пожарной сигнализации, линии внутриобъектовой компьютерной связи с использованием витых пар в настенных коробах и т. п. В этих случаях применяют высокоомные контактные и бесконтактные датчики.

Очень сложной и даже проблемной является задача перехвата сигналов сильно экранированных линий, использующих коаксальный кабель и оптическое волокно. Без разрушения их экранной оболочки хотя бы частично, решение задач представляется маловероятным.

2.6.6. Компьютерная разведка

Компьютерная разведка – специально подготовленная, согласованная по месту, времени и формам деятельность, направленная на извлечение, систематизацию и специальную обработку открытой информации из информационно-вычислительных сетей, телекоммуникационных систем, а также информацию об особенностях их построения и функционирования.

Целью компьютерной разведки является добывание сведений о предмете, конечных результатах, формах и способах деятельности субъектов, являющихся пользователями информационно-вычислительной сети, а также о составе, структуре информационно-вычислительной сети, используемом аппаратном и программном обеспечении, протоколах управления и информационного взаимодействия средств и систем информатизации, используемых средствах и методах защиты информации.

Исходя из приведенного определения понятия «компьютерная разведка», можно выделить две составные части компьютерной разведки:

предварительную — направленную на изучение информационно-вычислительной (операционной) среды (телекоммуникационной системы или информационной сети);

непосредственную — направленную на добывание сведений о субъекте, использующем данную информационно-вычислительную среду в своей деятельности, о содержании этой деятельности и ее результатах.

Доступ к указанной информации как с территории России, так и из-за ее пределов позволяет на основе анализа и статистической обработки получать сведения, составляющие государственную и служебную тайну. Бесконтрольное подключение к информационно-вычислительным сетям общего пользования компьютерных средств и оргтехники, находящихся на защищаемых объектах, также может служить предпосылкой к утечке охраняемой информации.

2.7. Специальные технические средства (СТС)

**для негласного получения (изменения, уничтожения) информации
с технических средств ее хранения, обработки и передачи**

Развитие вычислительной техники и широкое ее использование практически во всех сферах деятельности предприятий различных форм собственности по новому поставили вопрос о методах и средствах шпионажа с мест обработки и хранения информации. Компьютеры и компьютерные сети, средства оргтехники

стали занимать лидирующее место как объекты информационной разведки. Особую притягательность имеют системы автоматизированной обработки данных.

Целями разведки являются: получение базы данных, хранящейся в памяти компьютера на жестком диске или хранящейся на дискетах; получение оперативной информации (в том числе о кодах, паролях и пр.), отображаемой на экране монитора или в виде команд от клавиатурного пульта управления, или в виде сигналов терминалов, принтеров и др. устройств, обеспечивающих компьютерную технологию производства.

Из общих соображений можно выделить, по крайней мере, два вида СТС информационной разведки, связанных с программным проникновением с целью хищения информации, а также с задачей частичного или полного ее разрушения (искажения).

2.7.1. Специальные сигнальные радиопередатчики

Сигнальные радиозакладки представляют собой по существу ретрансляторы сигналов электромагнитной природы от работающих ЭВМ, принтеров, средств оргтехники и др. Передача информации может осуществляться непрерывно или по запросу, сами сигналы могут быть аналоговыми или цифровыми.

Энергетические характеристики специальных сигнальных радиозакладок не должны сильно отличаться от характеристик радиомикрофонов. Уровни радиоизлучений могут составлять несколько десятков и даже сотен милливатт. Питание сетевое, что обеспечивает долговременность работы. Диапазон используемых радиочастот УКВ смещен в сторону более высоких частот от 500 МГц и выше при передаче изображений с мониторов, аналогично тому, как это делается при создании специальных телекамер с радиоканалом. Дальность контроля в городских условиях – 100 м и более. Достоинством специальных радиозакладок, установленных в компьютер и соответствующим образом закамуфлированных, является высокая степень физической скрытности. Единственным отличительным их признаком при этом является наличие радиоизлучения. Их могут выявить специалисты при осмотре модулей ЭВМ, хорошо знающие аппаратную часть компьютера.

2.7.2. Средства контроля побочных излучений от ЭВМ

Работа любого компьютера сопровождается побочным электромагнитным излучением, модулированными информационными сигналами. Максимум этого излучения приходится на диапазон от 50 до 300 МГц, т. е. в области тактовой частоты и ее гармоник. Кроме того, вблизи работающей ЭВМ существуют квазистатические магнитные и электрические поля, быстро убывающие с расстоянием. Они занимают частотный диапазон от десятков килогерц до единиц МГц.

Уровни побочных излучений ЭВМ обычно регламентируются соответствующими стандартами совместимости, действующими у нас в стране и за рубежом. Они не должны превышать 37 дБ на расстоянии 10 м. Однако в действительности они могут превышать 50, 60 и даже 80 дБ. Но даже если стандарт соблюден, все равно нет гарантии, что перехват информации невозможен. Самой мощной составляющей побочного излучения является сильная синхронизация. Но это излучение мало информативно. Оно несет информацию о смене режима работы ЭВМ, об обращении к накопителям и прочее. Самым информативным является сигнал отображения информации на экране монитора.

Если бы не было внешних электромагнитных помех, то побочное излучение ЭВМ можно было бы фиксировать и декодировать на расстояниях 100 м и более. Реально, из-за наличия помех, речь может идти, по-видимому, о расстоянии 10–15 м (в условиях центра города).

Регистратор побочных излучений представляет собой специализированный высокочувствительный анализатор спектра радиочастот с возможностью многоканальной, в том числе корреляционной, обработки спектральных составляющих и визуализации результатов.

2.7.3. Программное проникновение

Программное проникновение представляет собой принципиально новый вид шпионажа, пока слабо связанный с необходимостью применения специальных технических средств. Целями и формами программного проникновения могут, в общем случае, быть:

- несанкционированное получение информации из базы данных;

- целенаправленные локальные искажения (изменения данных) информации на магнитных носителях;
- полное или частичное разрушение данных на магнитных носителях (достигается, в частности, введением компьютерных вирусов).

Специальные технические средства могут оказаться полезными на стадии преодоления кодов, ключей, паролей.

Таким образом, зная виды разведок и их возможности, можно решить следующие задачи:

- определить (уточнить) демаскирующие признаки, фиксируемые (регистрируемые) аппаратурой разведки и взаимосвязанные с охраняемыми сведениями об объекте защиты на всех этапах его жизненного цикла;
- оценить возможности средств разведки по регистрации демаскирующих признаков защищаемых объектов для конкретных условий функционирования, определить опасные средства разведки и технические каналы утечки информации;
- разработать и реализовать практические меры по защите информации на защищаемых объектах;
- осуществить контроль эффективности применяемых мер защиты информации от ТР;
- разработать необходимую систему нормативно-методических документов по защите объектов и информации от технических разведок (концепции, положения, нормы, руководства, рекомендации и т. п.), технические задания на создание средств защиты и аппаратуры контроля.

3. Демаскирующие признаки объектов и источники информации для технических средств разведки

Выявление источников информации для СТР, анализ демаскирующих признаков (ДП) ОР и возможных технических каналов утечки информации являются важной составной частью защиты ОР. В каждом конкретном случае ДП и

ТКУИ должны выявляться применительно к перечню скрываемых об ОР сведений и на основе изучения особенностей объектов разведки, условий их разработки, испытаний, производства и эксплуатации. При этом необходимо учитывать условия, влияющие на процессы ведения разведки и защиты ОР.

Условия, ограничивающие возможность получения информации с помощью СТР и способствующие необнаружению ОР, определяются физическими свойствами и состоянием среды, разделяющей СТР и ОР. Так, при ведении РРТР причинами снижения или полного прекращения поступления информации об ОР могут быть внешние радиопомехи и внутренние шумы разведывающего приемника. Поэтому при оценке возможностей СТР и анализе ДП ОР особое значение приобретает изучение различных факторов, влияющих на вероятность обнаружения и распознавания ОР.

Рассмотрим ДП, влияющие на обнаружение и распознавание ОР. Из материала раздела 1 видно, что процесс ведения разведки складывается из обнаружения ОР и их последующего распознавания по характерным ДП [1].

Под обнаружением понимается выделение из общей совокупности одного или группы сигналов, отличных по своим характеристикам от прочих сигналов множества и заслуживающих дальнейшего анализа. Выделение подобных сигналов позволяет сделать заключение о наличии в зоне разведки какого-то предмета, отличающегося от фона. Различие характеристик ОР и фона называется контрастом. Чем больше контраст, тем больше отношение «сигнал / шум» и выше вероятность того, что сигналы ОР будут выделены среди других сигналов и ОР будет обнаружен. Следовательно, основным ДП при обнаружении ОР является их контраст по отношению к фону. В том случае, когда принимается сообщение, состоящее из электромагнитных или иных сигналов, изменяющихся во времени, для их обнаружения требуется контраст по мощности и частоте.

Сущность распознавания заключается в отнесении обнаруженного ОР (или источника излучения) к одному из известных классов. При этом все объекты группируются в классы по определенным признакам. В общем случае у ОР может быть бесконечное число признаков, однако при распознавании использует-

ся их определенный набор. Некоторые признаки могут совпадать даже у самых отдаленных классов объектов (например: танк и его имитационная модель).

Следовательно, при определенном сочетании признаков даже самые разнородные классы могут пересекаться (рис. 3.1).

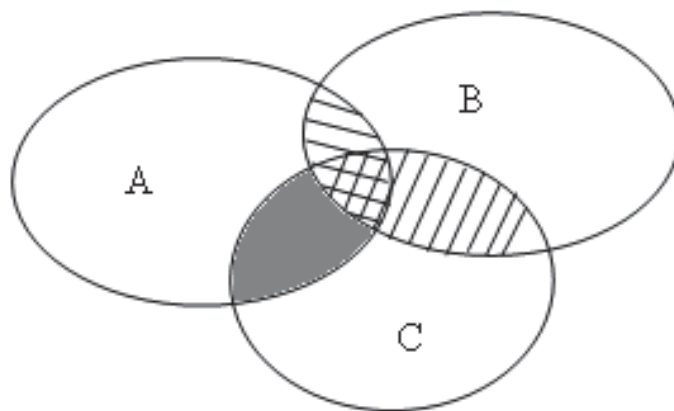


Рис. 3.1. Иллюстрация совпадающих и несовпадающих демаскирующих признаков трех классов объектов A , B , C

Очевидно, что чем больше классов пересекается при данном наборе ТДП, тем ниже качество распознавания. На этом принципе строится задача защиты (маскирования) ОР от СТР.

Технические демаскирующие признаки ОР, обеспечивающие их распознавание, можно разделить на следующие группы:

1. Признаки, характеризующие физические свойства вещества ОР (теплопроводность, электропроводность, структура, твердость и т. д.);
2. Признаки, характеризующие физические поля, создаваемые ОР (электромагнитное, акустическое, радиационное, гидроакустическое и т. д.);
3. Признаки, характеризующие форму, цвет, размеры самого ОР и его элементов;
4. Пространственные признаки, характеризующие как координаты ОР в пространстве, так и их производные;
5. Признаки, характеризующие наличие определенных связей в ОР, между его элементами;

6. Признаки, характеризующие результаты функционирования ОР (задымленность, запыленность, следы ОР на грунте, разработка грунта, последствия взрывов и стрельбы, загрязнение воды, воздуха, земли продуктами функционирования ОР).

В общем случае для надежного распознавания ОР используется определенное множество N . ТДП и ОР представляют в N -мерном пространстве признаков. Анализ ТДП конкретного ОР сводится к выявлению определенной совокупности демаскирующих признаков объекта разведки и их параметров, которые могут быть использованы СТР для извлечения защищаемой информации. Это относится к одной из основных задач курсовой работы, задания для которой приведены в приложении настоящего учебного пособия. Наиболее распространенными ОР, функционирующими в радиочастотном диапазоне длин волн, являются излучающие в пространство электромагнитные волны РЭС и их системы. Для таких систем основными потенциально опасными СТР служат комплексы радио- и радиотехнической разведки (другие потенциально опасные виды ТР определяются способом формирования передаваемой информации и особенностями пространственного расположения защищаемых РЭС и их систем). Так как, помимо непосредственного излучения в пространство информационных электромагнитных колебаний, у излучающей РЭС существуют внеполосные и побочные информационные электромагнитные поля и волны, то возникает опасность перехвата защищаемой информации разведкой ПЭМИН. Это касается и РЭС, непосредственно не обрабатывающих защищаемую информацию, но находящихся под воздействием информационных полей и волн излучающих РЭС и их систем. Ниже рассматриваются демаскирующие признаки и параметры радиоэлектронных средств и систем, изложение которых взято из работы Меньшакова Ю. К. [3].

3.1. Демаскирующие признаки радиоэлектронных средств и систем

Процессы разработки, испытаний, изготовления и эксплуатации РЭС связаны с излучением электромагнитных волн радиодиапазона, который может нести информацию о назначении и характеристиках создаваемых и эксплуатируемых средств и систем.

За последние годы внимание разведки все больше привлекает возможность перехвата и анализа электромагнитных излучений радиодиапазона, создаваемых электродвигателями и генераторами, системами электропитания и зажигания двигателей внутреннего сгорания, различными элементами самого РЭС (синхронизаторами, гетеродинами, импульсными трансформаторами и т. п.). Подобные излучения несут определенную информацию об ОР и могут быть перехвачены СТР. Для определения параметров демаскирующих признаков ОР рассмотрим возможные технические характеристики радиосигналов, которые могут быть положены в основу ведения ТР.

3.1.1. *Классификация технических характеристик радиосигналов*

Рассмотрим технические характеристики радиоизлучений. Все ДП, связанные с радиоизлучениями, определяются техническими характеристиками радиосигналов, которые можно разделить на следующие группы:

- частотные;
- временные;
- энергетические;
- спектральные;
- пространственно-энергетические;
- фазовые;
- поляризационные.

• *Частотные характеристики радиоизлучений*

Определяют место радиоизлучений в диапазоне частот (от 18 км до 0,75 мм – радиоволны). К ним относятся:

- несущая частота;
- закон изменения или модуляции несущей;
- количество излучаемых фиксированных частот и величина разноса между ними;
- диапазон изменения несущей частоты;
- величина девиации несущей при ЧМ;
- стабильность несущей частоты.

- *Временные характеристики радиоизлучений*

К временным характеристикам относятся:

- закон изменения огибающей импульса и его длительность;
- период следования импульсов;
- временная структура кодовой посылки;
- длительность серии импульсов и ее период;
- продолжительность излучения (скважность, время включения, коэффициент выключения).

- *Энергетические характеристики радиоизлучений*

Энергетические характеристики дают представление как о самом источнике, так и создаваемом им в пространстве электромагнитном поле. К ним относятся:

- мощность излучения;
- спектральная плотность мощности;
- плотность потока мощности;
- напряженность электромагнитного поля;
- динамический диапазон изменения мощности радиоизлучений.

- *Пространственно-энергетические характеристики*

Позволяют судить о распределении энергии радиоизлучений в пространстве. К ним относятся:

- направление распространения излучения;
- направление максимального излучения;
- параметры ДНА (ширина главного лепестка, уровень боковых лепестков, форма ДНА);

- характер изменения напряженности электрического поля в зависимости от расстояния;
- вид обзора пространства.

- *Спектральные характеристики*

Показывают распределение энергии между составляющими спектра.

Основными спектральными характеристиками являются:

- ширина спектра;
- вид спектра (сплошной, дискретный);
- относительная величина отдельных спектральных составляющих;
- форма огибающей спектра;
- характерные особенности.

- *Поляризационные характеристики*

Описывают ориентацию и законы изменения в пространстве вектора электрического поля. К ним относятся:

- вид поляризации (линейная, круговая, эллиптическая);
- направления вращения вектора электрического поля.

- *Фазовые характеристики*

Описывают закон изменения фазы за время излучения. К ним относятся:

- параметры ФМ;
- вид фазовой манипуляции;
- значения и количество дискретных значений фазы;
- длительность элементарного дискрета при фазовой манипуляции.

3.1.2. Технические признаки радиоизлучений

Технические признаки радиоизлучений можно разделить на групповые, индивидуальные и оперативные.

- *Групповые технические признаки*

Позволяют установить принадлежность РЭС к определенному типу (классу). Они проявляются в характеристиках или совокупности характеристик, свойственных определенным типам РЭС. К ним относятся:

- характеристики обзора пространства;
- скорость вращения антенны;
- вид излучения;
- закон и границы перестройки частоты;
- вид и закон модулирующего сигнала;
- значения параметров сигнала (несущие частоты, длительности импульса, частоты следования импульсов и т. д.).

- *Индивидуальные технические признаки*

Позволяют распознать конкретный образец среди РЭС одного типа. Наличие у РЭС индивидуальных ДП обусловлено технологическим и эксплуатационным разбросом параметров сигнала. Индивидуальные ДП могут проявляться в следующих характеристиках РЭС:

- форма огибающего сигнала (форма вершины импульса, его переднего и заднего фронтов);
- спектр сигналов (форма огибающей спектра сигнала, отношение амплитуд главного и боковых лепестков спектра);
- величина нестабильности параметров сигнала (несущей частоты, длительности импульса, периода следования) и скорости вращения антенны;
- вид паразитной модуляции.

- *Оперативно-технические ДП*

Характеризуют, как правило, военные и военно-промышленные объекты и проявляются:

- в количестве и типах РЭС, находящихся на объекте;
- в последовательности их включения, интенсивности и длительности работы РЭС различного назначения.

Совокупность радиоизлучений конкретного военно-промышленного объекта образует характерную для данного объекта радиоэлектронную обстановку – радиопортрет. Информация о деятельности объекта может быть получена как по конкретным характеристикам излучения, так и при анализе всей совокупности излучений, составляющих радиоэлектронную обстановку. Динамика радиоэлектронной обстановки проявляется в изменении интенсивности радиоизлучений во времени, пространстве, по частоте, в повторяемости отдельных параметров, в изменении структуры излучения, в появлении новых видов излучений.

Присущая тому или иному объекту радиоэлектронная обстановка может быть представлена количественными характеристиками, в качестве которых могут быть как численные значения параметров отдельных излучений, так и ряд параметров совокупности радиоизлучений.

Количественными характеристиками совокупности радиоизлучений объектов являются:

- общее число отдельных источников излучений;
- плотность распределения значений отдельных параметров;
- максимальные значения и диапазон значений параметров (занимаемый частотный диапазон, динамические диапазоны);
- коэффициент корреляционной связи между отдельными параметрами и видами радиоизлучений;
- суммарный поток радиоэлектронных излучений и его вариации во времени;
- плотность размещения источников излучения на площади, занимаемой объектом;
- количественные соотношения между различными видами радиоизлучений.

3.2. Демаскирующие признаки объектов в видимом диапазоне электромагнитного спектра

Оптические характеристики объектов и окружающей среды играют важную роль как для разведки, так и для эффективной защиты объектов от СТР. Оптическое изображение объектов и их отдельных элементов по отношению к фону отличается контрастами по яркости, цвету, размеру, форме. В видимом диапазоне волн видимость объектов определяется яркостным контрастом, при этом в видимом диапазоне дополнительной информацией является цветовой контраст между объектом и фоном. Контраст по яркости между объектом и фоном возникает в результате различной световой отражательной способности объекта и фона.

Контраст по яркости K определяется как [4]

$$K = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max}} = 1 - \frac{B_{\min}}{B_{\max}},$$

где B_{\max} и B_{\min} – минимальная и максимальная яркости объекта и фона.

При маскировке объекта необходимо принять меры к тому, чтобы яркости объекта и фона были максимально возможно близки друг к другу. В этом случае объект будет малозаметен на фоне окружающей среды. При оценке эффективности маскировки объекта приняты следующие значения коэффициентов контраста по яркости:

$K \leq 0,2$ (20 %) (незаметный контраст);

$K = 0,2-0,3$ (малозаметный контраст);

$K = 0,3-0,6$ (заметный контраст);

$K \geq 0,5$ (резкозаметный контраст).

Яркость поверхности предметов зависит от освещенности E , с увеличением которой она пропорционально возрастает. Освещенность в дневное время определяется как

$$E = E_{\text{пр}} + E_{\text{р}},$$

где $E_{\text{пр}}$ – освещенность прямыми солнечными лучами; $E_{\text{р}}$ – освещенность рассеянным светом небосвода. Освещенности зависят от погодных условий, ориентации объектов по отношению к солнцу и других условий. Освещенность прямыми солнечными лучами $E_{\text{пр}}$ наклонной поверхности зависит от косинуса угла падения лучей α .

Кроме освещенности на яркость предметов влияют и их отражающие свойства. В зависимости от свойств поверхности отражение может быть зеркальным (направленным), диффузным (рассеянным) или смешанным. Зеркальное отражение характерно только для гладких поверхностей с малыми размерами неровностей по сравнению с длиной волны. При солнечном освещении такие поверхности дают яркие блики, которые хорошо наблюдаются на большой дальности. Яркость B таких поверхностей определяется как

$$B = \rho \cdot B_{\text{ист}},$$

где ρ – коэффициент отражения поверхности; $B_{\text{ист}}$ – яркость источника освещения.

При диффузном отражении отраженная энергия равномерно распределяется в пределах полусферы над точкой отражения. Такое отражение характерно для матовых шероховатых поверхностей. Показателем их отражающих свойств является коэффициент яркости r , представляющий собой отношение яркости поверхности в данном направлении к яркости матовой поверхности при полном отражении падающих на нее лучей:

$$r = \frac{B}{B_0},$$

где B – яркость поверхности в данном направлении; B_0 – яркость одинаково с ней освещенной матовой поверхности, полностью отражающей падающий на нее световой поток.

Яркость идеально белой матовой поверхности определяется только значением освещенности E [4]:

$$B_0 = \frac{E}{\pi},$$

следовательно,

$$B = r \cdot B_0 = r \cdot \frac{E}{\pi}.$$

При смешанном, т. е. диффузно-зеркальном отражении энергия в полусфере распределена неравномерно. Яркость поверхности $B_{\alpha\beta}$ в этом случае зависит как от направления облучения под углом β , так и от направления наблюдения α :

$$B_{\alpha\beta} = \frac{r_{\alpha\beta} \cdot E}{\pi}.$$

Для оценки распределения яркости поверхности в различных направлениях при смешанном отражении также используется коэффициент яркости, который является функцией длины волны, т. е. зависит от спектрального состава падающих лучей и отражающих свойств поверхности в различных участках спектра. Характеристикой отражения при данной длине волны служит спектральный коэффициент яркости r_λ , который определяется отношением эффективной яркости b_λ поверхности к ее яркости при полном отражении энергии облучения $b_{0\lambda}$ монохроматическим потоком с длиной волны λ :

$$r_\lambda = \frac{b_\lambda}{b_{0\lambda}}.$$

Чем меньше различие в спектральных характеристиках поверхностей, тем меньше контраст между ними и тем труднее обнаружить объект.

Видимость объекта зависит также от расстояния. По мере удаления объекта видимость ухудшается. Это обусловлено ослаблением потока при прохождении сквозь атмосферу за счет спектрального поглощения его слоем воздуха, что приводит к уменьшению яркости объекта и фона. Одновременно солнечные лучи, проходя через атмосферу, переотражаются от мельчайших частиц, образуя световоздушную дымку. Таким образом, спектральная (эффективная) яркость

поверхности объекта состоит из двух слагаемых: спектральной яркости объекта, наблюдаемого сквозь атмосферу без учета влияния дымки, и яркости вуалирующей световоздушной дымки. Кроме того, цветовой контраст между объектом и фоном является дополнительным демаскирующим признаком, позволяющим улучшить видимость объектов. При цветовом соответствии тонов объекта и фона контраст продолжает существовать, так как остается различие в тональной насыщенности поверхности объекта и элементов фона.

В зависимости от вида технических средств разведки, с помощью которых и выявляются демаскирующие признаки объектов, их можно разделить на видовые и радиоразведывательные.

Видовые демаскирующие признаки выявляются с помощью видовых разведок (фотографическая, телевизионная, радиолокационная и т. д.).

К прямым демаскирующим признакам объектов в видимом диапазоне электромагнитного спектра относятся: форма, размер, тон или цвет, структура, текстура и тень объектов. При этом форма изображения объекта является основным признаком. Размер изображения зависит от масштаба фотоснимка и в меньшей степени является информативным, поскольку требует сравнения с некоторым эталоном. Структура изображения объекта является сложным демаскирующим признаком, содержащим в себе группу прямых признаков разнородных деталей изображения местности. Этот признак мало зависит от условий съемки, поэтому наиболее устойчив. Тени объектов подразделяют на собственные (лежащие на объекте с теневой стороны) и падающие (отбрасываемые объектом на окружающую поверхность).

Собственные тени хорошо подчеркивают пространственные формы объекта, а падающие тени способствуют определению не только формы, но и размеров объекта.

Косвенные демаскирующие признаки дополняют некоторые характеристики объектов, не входящие в состав прямых признаков. Так, например, невидимый тоннель можно определить на фотоснимке по разрыву дорожного полотна на определенном участке. К косвенным демаскирующим признакам чаще всего

относятся результаты человеческой деятельности на объектах, характерные для определенных типов объектов, а также определенные взаимосвязи совокупности разнородных объектов, вплоть до влияния одних объектов на другие.

3.3. Демаскирующие признаки объектов в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра

К демаскирующим признакам объектов в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра относятся: собственное (естественное) излучение нагретых тел и отраженное объектами (искусственное) ИК-излучение.

Естественные источники ИК-излучений бывают наземными (почва, лес и т. д.), атмосферными (облака, атмосферные газы) и космическими (солнце, луна, звезды). Естественные источники ИК-излучений создают фоновое излучение, затрудняющее распознавание объектов.

Обнаружение ОР возможно за счет различий в тепловой излучательной способности объекта и фона. Каждый предмет при температуре, отличной от абсолютного нуля, испускает электромагнитное излучение, называемое тепловым. Излучение тел зависит от их температуры и излучательной способности, которые можно характеризовать эффективной температурой тела. Собственное тепловое излучение нагретых тел связано с понятием абсолютно черного тела, поглощающего все падающие на него излучения во всем спектре. Распределение интенсивности излучения по спектру для абсолютно черных тел подчиняется закону Планка [4]:

$$B_{\lambda}^0 = C_1 \cdot \lambda^{-5} \cdot (e^{\frac{C_2}{\lambda \cdot T}} - 1)^{-1},$$

где B_{λ}^0 (Вт · см⁻² · ср⁻¹ · мкм⁻¹) – спектральная яркость излучения при температуре T °К; λ (мкм) – длина волны; $C_1 = 1,19 \cdot 10^4$ (Вт · мкм⁴ · см⁻² · ср⁻¹) – коэффициент; $C_2 = 1,44 \cdot 10^4$ (мкм · град.) – коэффициент.

Максимальное значение спектральной яркости излучения наблюдается на длине волны λ_{\max} , определяемой по закону Вина [4]:

$$\lambda_{\max} = \frac{2896}{T} (\text{мкм}),$$

где T – абсолютная температура тела по Кельвину.

Реальные объекты излучают меньше энергии, чем абсолютно черное тело. Спектральную яркость излучения B_{λ} реальных объектов можно определить по формуле

$$B_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} \cdot B_{\lambda}^0,$$

где ε_{λ} – коэффициент излучения поверхности объекта (степень черноты).

Отраженное объектами ИК-излучение в дневное время в основном приходится на солнце, и доля собственного излучения является пренебрежительно малой, в то время как в ночное время преобладающим является собственное излучение.

Ослабление ИК-излучения в атмосфере обусловлено полосами поглощения водяных паров, углекислого газа и озона, а также рассеиванием излучения. При проведении разведки и мероприятий по защите объектов необходимо учитывать ослабление собственного или отраженного ИК-излучения в атмосфере за счет рассеяния, согласно формуле [4]:

$$P_1 = P_0 \cdot e^{-\beta \cdot x},$$

где P_1 – поток излучения, прошедший через слой рассеивающей среды;

P_0 – падающий на рассеивающий слой поток излучения; β – коэффициент рассеивания; x – толщина рассеивающего слоя.

Для случая рассеяния излучения объемом газа

$$\beta = \frac{a}{N \cdot \lambda^4} (n-1)^2,$$

где $a = \frac{16 \cdot \pi^3 \cdot V}{3}$; V – объем газа в м^3 ; λ – длина волны; n – показатель преломления газа; N – число молекул в единице объема газа.

Поток энергии, прошедший через ослабляющий слой атмосферы, можно представить как результат излучения при температуре меньше эффективной. Большая часть энергии излучения подвижных объектов лежит в диапазоне волн 2–14 мкм; окна прозрачности находятся в этом же диапазоне, что позволяет обнаруживать цели на сравнительно больших дальностях.

Опытным образом установлено, что в диапазоне длин волн менее 3 мкм преобладает отраженное и рассеянное солнечное излучение. В диапазоне длин волн более 4 мкм преобладающим является собственное тепловое излучение фонов.

В реальных условиях внешнее тепловое поле человека не равномерно по интенсивности излучения, сложно по спектральному составу, и кроме того, может существенно изменяться в зависимости от рода деятельности, климатических и метеорологических условий.

3.4. Демаскирующие признаки объектов в речевом диапазоне длин волн

Как и в предыдущих случаях, демаскирующие признаки объектов в речевом диапазоне длин волн подразделяют на прямые и косвенные ДП. К прямым ДП относят акустические поля и волны, создаваемые речевым сигналом. Источники формирования речевых сигналов и возможные технические каналы их утечки при применении разных видов СТР подробно рассмотрены в главе 1 данного учебного пособия. К косвенным ДП следует, в первую очередь, отнести пространственные координаты помещений (выделенных или защищаемых), в которых может циркулировать речевая информация, подлежащая защите от СТР. Кроме того, к ним можно отнести количество и состав профессиональных людей, находящихся в этих помещениях, время начала и окончания переговоров и другие характеристики, непосредственно не связанные с формированием речевых сигналов, подлежащих защите от СТР.

Отличие речевых сигналов (РС) от других видов акустических полей и волн заключается в характеристиках и параметрах излучаемых РС. Как правило, аку-

стические (речевые) сигналы относятся к категории случайных, поэтому их определяют распределениями по уровню, по частоте и во времени и соответствующим средним значением по уровню, динамическим диапазоном, формой спектра, частотным диапазоном, распределением формант по частоте и временем корреляции отдельных участков речевых сигналов. Подробно эти характеристики рассмотрены в [2], поэтому в данном учебном пособии не приводятся. К основным характеристикам, позволяющим выделить речевой сигнал из других форм акустических сигналов, следует отнести:

- период (частоту) основного тона во временной области $T_{от}$.
- спектр речевого сигнала в частотной области.

- *Период (частота) основного тона*

Частота основного тона ($F_{от} = \frac{1}{T_{от}}$) изменяется в пределах от 60...70 Гц для

низких мужских голосов до 450...500 Гц для высоких женских голосов. Средняя частота основного тона для мужских голосов 130...150 Гц, для женских – 250 Гц. Плотность распределения вероятности частоты основного тона, полученная для речи 15 мужских голосов (возраст дикторов – около 20 лет) в течение 15 мин, представлена на рис. 3.4.1, а плотность распределения вероятности частоты основного тона женских голосов – на рис. 3.4.2.

Частота основного тона для всех голосов лежит в пределах 70 – 450 Гц. При произнесении речи $F_{от}$ непрерывно меняется в соответствии с ударением и подчеркиванием слов и звуков, эмоциональным состоянием человека. Изменение $F_{от}$ называется интонацией, которая для каждого человека своя и в силу этого может быть использована для распознавания личности человека (устный почерк).

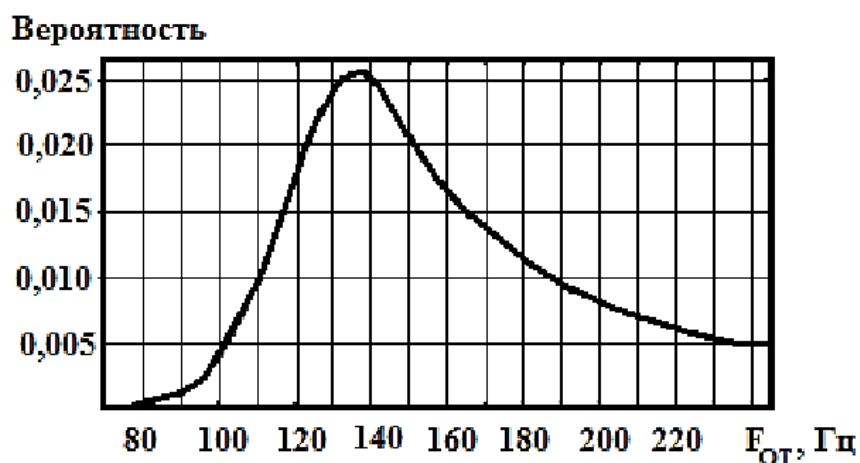


Рис. 3.4.1. Плотность распределения вероятности частоты основного тона мужских голосов [5]

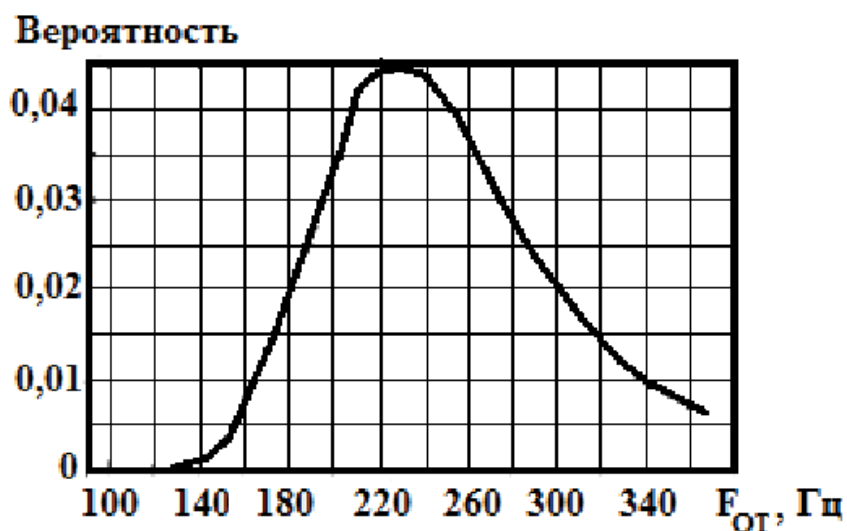


Рис. 3.4.2. Плотность распределения вероятности частоты основного тона женских голосов [5]

Исследования показали, что среднеквадратическое отклонение составляет приблизительно 0,2 от среднего значения частоты основного тона. Средняя частота основного тона F_{OT} и средняя скорость изменения частоты основного тона ν связаны соотношением $\nu = 35 \cdot \sqrt{F_{OT}}$. На начальных и конечных интервалах вокализованных участков речи скорость изменения частоты основного тона на порядок выше средней скорости изменения частоты и может составлять 1500–6000 Гц/с.

Колебание голосовых связок характеризуется нерегулярностью, которая проявляется в виде значительных изменений длительности периодов основного тона (на 30–50 %) и в виде небольших изменений соседних периодов основного тона. При этом с вероятностью 0,36 (для мужских голосов) и 0,5 (для женских голосов) периоды основного тона не изменялись, и с вероятностью соответственно 0,85 и 0,96 изменения соседних периодов основного тона не превысили 10 %.

- *Спектр речевого сигнала*

Спектр речевого сигнала непосредственно связан с распределением формантных частот. Каждому звуку речи соответствует свое распределение энергии по частотному диапазону, называемое формантным рисунком.

Области частотного диапазона, где происходит увеличение амплитуд спектральных составляющих, называются *формантными областями*. А частоты, на которых происходит максимальное увеличение амплитуды, – *формантными частотами*.

Спектральный состав звуков речи различен. Например, для гласных и звонких согласных (вокализованных звуков речи) энергетический спектр (формантный рисунок) имеет вид, представленный на рис. 3.4.3, для невокализованных звуков – на рис. 3.4.4.

Форманта характеризуется амплитудой A_i , частотой F_i и шириной полосы ΔF_i или добротностью Q_i . Ширина i -й форманты ΔF_i определяется на уровне $0,707A_i$ и связана для гласных звуков с добротностью соотношением $\Delta F_i = F_i / Q_i$.

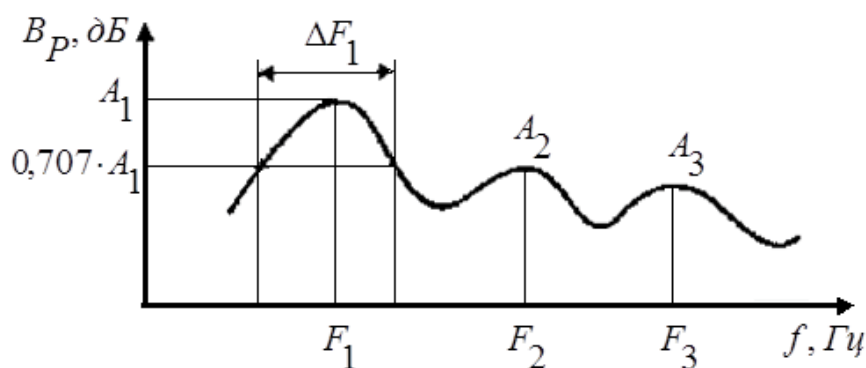


Рис. 3.4.3. Формантный рисунок вокализованных звуков: A_1 – A_3 – амплитуды формант, F_1 – F_3 – частоты формант, ΔF_1 – ширина первой форманты

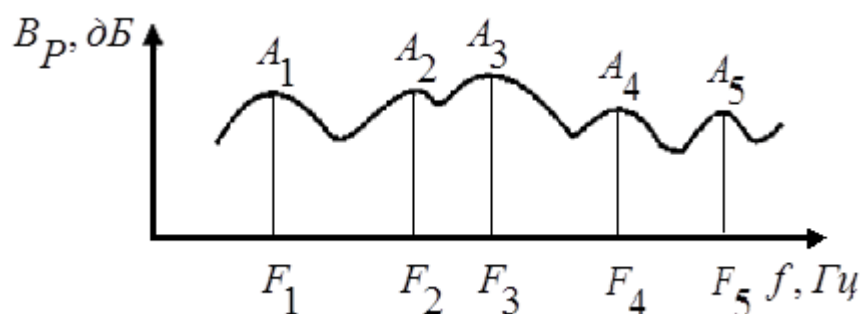


Рис. 3.4.4. Формантный рисунок невокализованных звуков:
 A_1 – A_5 – амплитуды формант, F_1 – F_5 – частоты формант

Различные звуки имеют различное число формант: гласные – до четырех формант, глухие согласные – до 5–6 формант.

Первые две форманты называются основными, остальные – вспомогательными. Основные форманты определяют произносимый звук речи, а вспомогательные характеризуют индивидуальную для каждого человека окраску, тембр речи. Если фильтром нижних частот отрезать вспомогательные форманты спектра речевого сигнала, то исчезнет индивидуальная для каждого человека окраска произносимых звуков, но само речевое сообщение будет понятно.

Частоты формант, их число и взаимное расположение для одних и тех же звуков, произносимых разными дикторами, могут сильно различаться. Однако для каждого звука речи характерно определенное положение формантных областей, и при наличии достаточного опыта по спектрограммам можно читать произнесенный текст.

На рис. 3.4.5 и 3.4.6 приведены плотности распределения вероятностей формантных частот для вокализованных и невокализованных звуков речи, полученные для 10 мужских голосов.

Данные о положении формант на частотной оси для английского и русского языков приведены в таблице. Из таблицы следует, что частотные диапазоны положений формант приблизительно одинаковы даже для разных языков.

Распределение формант по частотной оси для английского и русского языков

Номер форманты	Частотный диапазон, Гц	
	Английский язык	Русский язык
F_1	1050	200...900
F_2	750...2400	700...2500
F_3	>2000	1900...3100
F_4	—	2900...4500

Вероятность

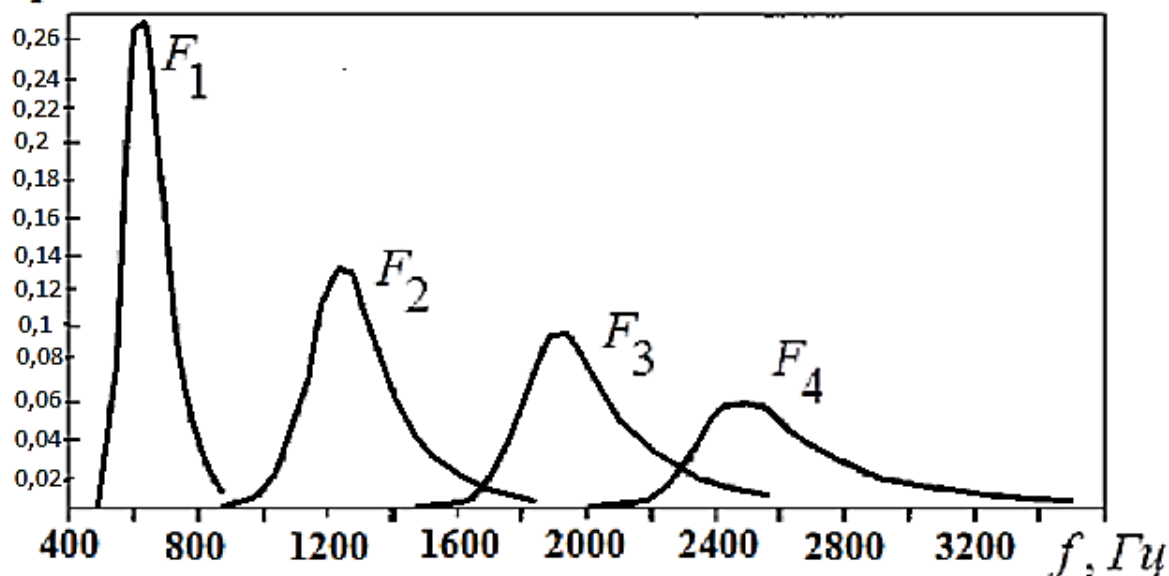


Рис. 3.4.5. Плотность распределения вероятности формантных частот вокализованных звуков

Вероятность

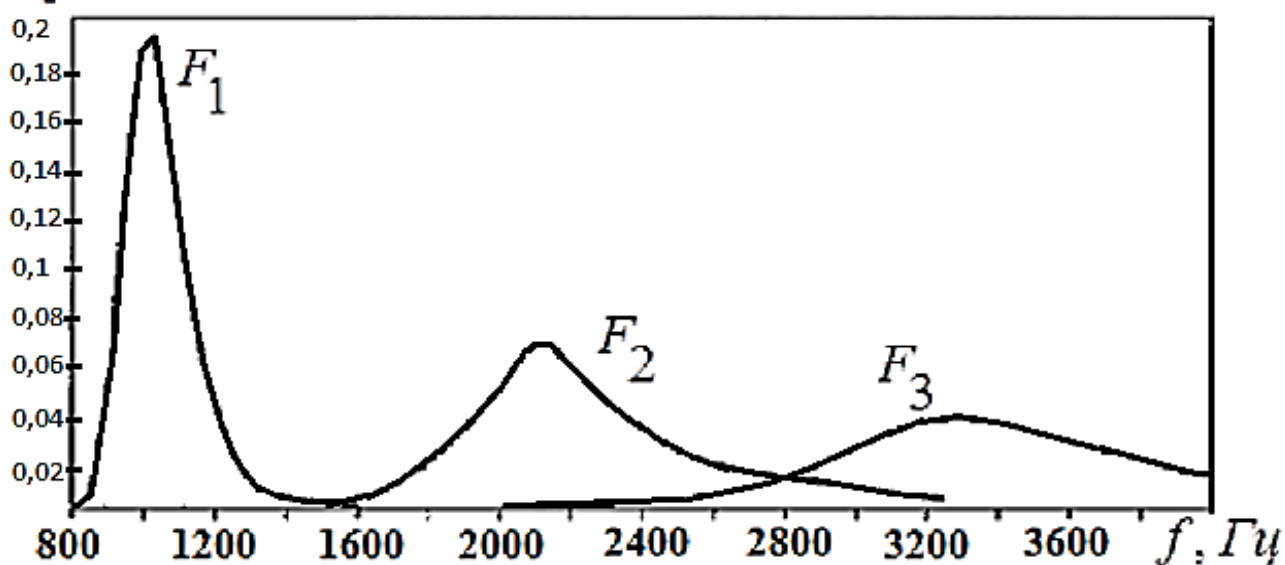


Рис. 3.4.6. Плотность распределения вероятности формантных частот невокализованных звуков

Формантные частоты имеют тесную статическую взаимосвязь, характеризующую коэффициентом взаимной корреляции, равным: 0,78 для F_1 и F_2 ; 0,82 для F_2 и F_3 ; 0,95 для F_3 и F_4 .

Максимумы спектра называются формантами, а провалы – антиформантами.

Для каждой фонемы огибающая спектра имеет индивидуальную и вполне определенную форму.

При произнесении речи спектр ее непрерывно изменяется и образуются формантные переходы. Частотный диапазон речи находится в пределах 70–7000 Гц. Форма усредненного спектра русской речи приведена в части 3 данного издания (рис. 3, с. 135) и в источниках [1; 2].

Рассмотренные демаскирующие признаки речевого сигнала позволяют распознать последний среди совокупности других (не речевых) звуковых сигналов, что требует серьезного подхода при выборе мероприятий по защите речевой информации.

4. Оценка возможностей технических разведок по перехвату информации ограниченного распространения

4.1. Общие положения по оценке возможностей технических разведок

Оценка возможностей технических разведок по перехвату информации ограниченного распространения заключается в определении границ информационного взаимодействия ОР – СТР, где могут быть реализованы возможности ТР по обнаружению, распознаванию, оценке параметров и регистрации (с последующим декодированием или демодуляцией) информационных сигналов и сообщений ОР. Область пространства, ограниченная границами информационного взаимодействия, относится к пространству информационного взаимодействия ОР – СТР, в котором могут быть частично либо в полном объеме реализованы возможности технических разведок по разведывательной деятельности

относительно защищаемого ОР. Окончательная оценка возможности технических разведок может быть получена путем сравнения границ области информационного взаимодействия и границ контролируемой зоны. Если границы информационного взаимодействия не превышают размеров контролируемой зоны, то считают, что возможности технических разведок по разведывательной деятельности относительно защищаемого ОР не реализуемы. В противном случае требуется разработка мероприятий по противодействию СТР.

Под информацией ограниченного распространения мы будем понимать информацию, отнесенную к государственной, служебной тайнам, и персональные данные человека. Служебная тайна и персональные данные человека относятся к категории «конфиденциальная информация». Для каждого вида информации ограниченного распространения выставляются свои требования и ограничения как по функционированию ОР, так и по порядку и виду применяемых защитных мероприятий.

Оценка возможностей технических разведок по перехвату информации ограниченного распространения осуществляется на основе анализа демаскирующих признаков и их параметров, возникающих в процессе функционирования конкретного ОР. Процесс анализа ДП определяется следующими этапами:

- изучение принципов функционирования ОР и формирования информационных сигналов;
- выявление демаскирующих признаков и их параметров, которые могут быть положены в основу ведения разведки относительно анализируемого ОР. В результате этого этапа составляется перечень ДП и их параметров, которые могут быть использованы СТР для ведения разведки;
- на основе составленного перечня ДП и их параметров формируется перечень «опасных» видов ТР и возможных технических каналов утечки информации, по которым может осуществлять свою деятельность техническая разведка.

После проведения анализа ДП на основе сформированных перечней демаскирующих признаков, их параметров, видов СТР и технических каналов утечки информации выделяют конкретный вид ТР, относительно которого проводят

анализ возможностей по перехвату защищаемой информации и, при необходимости, разрабатывают мероприятия по противодействию анализируемому виду технической разведки. Такие действия проводят для всех выявленных «опасных» видов технических разведок.

4.2. Алгоритмы, применяемые для анализа возможностей технических разведок¹

4.2.1. Обнаружение сигналов ОР

В общем случае аппаратура СТР относится к классу измерительных систем. Основным носителем информации такой системы служит сигнал $S(t)$, излучаемый (формируемый) разведываемым ОР. Сигнал $S(t)$ может быть детерминированной, квазидетерминированной или случайной функцией времени, если не учитываются пространственные характеристики формирующего сигнала средства. Учет пространственного распределения формирующей системы приводит к понятию пространственно-временного сигнала $S(t, \vec{r})$. Измерительная информация, заложенная в излучаемом сигнале, характеризуется величиной информационного параметра сигнала $\lambda \in \Lambda$ (Λ – пространство параметров сигнала $S(t, \vec{r})$), который может быть скалярной или векторной, непрерывной или дискретной величиной. Различают существенные (информационные) и несущественные (не содержащие информацию) параметры сигнала. Такое деление параметров чисто условное и зависит от задач, решаемых приемником СТР.

В процессе распространения $S(t, \vec{r})$ по трассе ОР – СТР на сигнал воздействуют различного рода помехи и шумы. Их воздействие может быть как мультипликативным, так и аддитивным. Мультипликативные воздействия, как правило, являются медленными, и на элементарном интервале времени приема $S(t)$ их представляют постоянными параметрами. В качестве аддитивных помех учитывают внешние помехи (мешающие станции, разряды и т. п.) и внутренние

¹ Подробно этот материал изложен в источнике [1].

шумы приемника СТР, пересчитанные к его выходу. Как правило, в качестве модели аддитивных помех и шумов рассматривают белый шум с параметрами:

$$\Omega(f) = N_0 / 2, \quad -\infty < f < \infty - \text{спектральная интенсивность,}$$

$$R(\tau) = (N_0 / 2) \cdot \delta(\tau) - \text{корреляционная функция.}$$

Так как в общем случае излучаемый либо формируемый ОР сигнал на приемной стороне СТР представляет собой случайный процесс, к задачам, решаемым измерительной системой, можно отнести следующие (будем считать, что время, отводимое для наблюдения, ограничено сравнительно небольшим элементарным интервалом $t \in (T_1, T_2)$).

1. Обнаружение сигналов:

$$u(t) = S(t, \alpha) + n(t), \quad a=0 \quad \text{или} \quad 1. \quad a \in \{0, 1\}.$$

Информационным параметром является двоичное число $a \in \{0, 1\}$. Оценка информационного параметра a сводится к принятию решения о наличии ($\hat{a} = 1$) или отсутствии ($\hat{a} = 0$) сигнала $S(t, \alpha)$ в смеси $u(t)$.

2. Различие сигналов:

$$u(t) = S_i(t, \alpha) + n(t), \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Требуется принять решение о том, какой именно сигнал из полного ансамбля возможных сигналов $\{S_i\}$, $i = \overline{1, m}$ присутствует на входе. Обычно различаемые сигналы отличаются друг от друга значением информационного параметра $\lambda \in \left(\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}, \dots, \lambda^{(m)} \right)$:

$$S_i(t, \alpha) = S(t, \lambda^{(i)}, \alpha) + n(t).$$

3. Оценка параметров сигнала:

$$u(t) = S_i(t, \lambda, \alpha) + n(t), \quad \lambda \in \left(\lambda_{\min}, \lambda_{\max} \right).$$

Требуется получить оценку $\hat{\lambda}$ параметра λ , принадлежащего заданному интервалу.

4. Разрешение сигналов:

понятие разрешения сигналов объединяет широкий класс задач, например, задачи разрешения – обнаружения, разрешения – измерения.

- Задача разрешения – обнаружения:

$$u(t) = S\left(t, \lambda^{(1)}, \alpha_1\right) + a \cdot S\left(t, \lambda^{(2)}, \alpha_2\right) + n(t),$$

где $\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}$ – заданные значения информационного параметра;

- задача разрешения – измерения:

$$u(t) = \sum_{i=1}^N S\left(t, \lambda_i, \alpha_i\right) + n(t), \quad \lambda \in \left(\lambda_{\min}, \lambda_{\max}\right).$$

В первом случае необходимо принять решение, имеется ли на входе один сигнал или два. Во втором случае нужно оценить параметры λ_i всех сигналов, присутствующих на входе приемника разведки. Если число сигналов N неизвестно, то возникает задача

- разрешения – обнаружения – измерения:

$$u(t) = \sum_{i=1}^N S\left(t, \lambda_i, \alpha_i\right) + n(t), \quad \alpha_i \in \{0, 1\}.$$

Требуется оценить все α_i , т. е. произвести обнаружение сигналов на входе системы и оценить λ_i обнаруженных сигналов.

Так как принимаемые колебания носят случайный характер, то задача извлечения информации из принимаемого колебания носит статистический характер. В статистической теории радиосистем используется байесовский подход, согласно которому полагается, что параметры сигнала $\lambda \in A$, $\alpha \in A$ явля-

ются случайными величинами, а сам сигнал – случайным процессом, и что в пространствах Λ , A , N определены распределения вероятностей, часть параметров которых может быть известна.

В теории статистических решений в качестве обобщенного критерия качества обработки информации при использовании байесовского подхода принимается так называемый средний риск

$$\rho = \int \int_{\Lambda \times \hat{\Lambda}} r(\hat{\lambda}, \lambda) \cdot p(\hat{\lambda}, \lambda) d\hat{\lambda} d\lambda,$$

где $p(\hat{\lambda}, \lambda)$ – совместная плотность вероятности событий $\hat{\lambda}, \lambda$;

$r(\hat{\lambda}, \lambda)$ – функция потерь, характеризующая степень ущерба от ошибочных решений.

Правила решения $\hat{\lambda}_{\text{опт}} = W(U)$, минимизирующие средний риск ρ , называются оптимальными и позволяют реализовать оптимальный алгоритм обработки входного колебания.

При любом алгоритме обнаружения принятие решения сводится к классификации принимаемых колебаний u как сигнальных и несигнальных, т. е. к разделению пространства U на две области U_1 и U_0 . Принимается решение

$$\hat{a} = 1, \text{ если } u \in U_1, \text{ и } \hat{a} = 0, \text{ если } u \in U_0.$$

Алгоритм принятия решения в задаче обнаружения имеет вид

$$l(u) = \frac{p(u | a = 1)}{p(u | a = 0)} \begin{matrix} \hat{a} = 1 \\ > \frac{P_0}{P_1} \\ < \frac{P_0}{P_1} \\ \hat{a} = 0 \end{matrix},$$

где $l(u)$ – отношение правдоподобия, P_1, P_0 – априорные плотности вероятностей наличия ($a = 1$) и отсутствия ($a = 0$) сигнала, $p(u | a)$ – условные плотности вероятностей колебаний при наличии и при отсутствии сигнала в смеси.

Во многих случаях P_1, P_0 определить не удастся. Поэтому используют критерий Неймана – Пирсона, в котором не требуется знание P_1, P_0 . Этот критерий основан на использовании двух условных вероятностей: вероятности ложной тревоги и вероятности правильного обнаружения.

$$F = p\{\hat{a} = 1 \mid a = 0\} = \int_{U_1} p(u \mid a = 0) du \text{ – вероятность ложной тревоги.}$$

$$R_0 = p\{\hat{a} = 1 \mid a = 1\} = \int_{U_1} p(u \mid a = 1) du \text{ – вероятность правильного обнаружения.}$$

ружения.

Согласно критерию Неймана – Пирсона, оптимальной считается та система, которая при заданной $F = F_{\text{зад}}$ максимизирует R_0 . Это задача на условный экстремум, который находится из решения:

$$J(U_1) = R_0 - l_0 F = \max_{U_1},$$

где l_0 – множитель Лагранжа, определяемый условием $F = F_{\text{зад}}$. В этом случае отношения правдоподобия

$$l(u) = \frac{p(u \mid a = 1)}{p(u \mid a = 0)} \begin{matrix} \hat{a} = 1 \\ > l_0 \\ \hat{a} = 0 \\ < l_0 \end{matrix}$$

сравниваются с порогом l_0 .

Можно показать, что

$$l_U(l(u)) = -\frac{\mathcal{E}}{N_0} + \ln I_0\left(\frac{2Z}{N_0}\right) \text{ – модифицированная функция Бесселя.}$$

Вычислим $l(u)$ для случая чисто временных процессов $u(t)$, когда помехой является гауссовский шум $n(t)$, а сигнал $S(t, \lambda, \varphi)$ кроме интересующего нас

измеряемого параметра λ содержит случайный неизмеряемый параметр φ с заданной плотностью распределения $W(\varphi)$.

Определим многомерную плотность распределения вероятностей $W(\vec{n})$ независимых отсчетов шума $\vec{n} = \{ n_1, \dots, n_2 \}$ на интервале наблюдения T , где

$N = 2 \cdot F_{\max} \cdot T$, F_{\max} – максимальная частота в спектре шума.

Для i -го отсчета $n_i(t)$ распределение подчиняется нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ_n^2 :

$$p(n_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot \sigma_n^2}} \exp\left(-\frac{n_i^2}{2\sigma_n^2}\right),$$

а многомерная плотность распределения вероятностей (независимые события)

$$p(\vec{n}) = \prod_{i=1}^N P(n_i) = \left(2\pi\sigma_n^2\right)^{-N/2} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_n^2} \sum_{i=1}^N n_i^2\right),$$

где $\sigma_n^2 = N_0 \cdot F_{\max}$, N_0 – спектральная плотность шума.

Перейдем от дискретных отсчетов $\{n_i\}$ к непрерывной функции $n(t)$. Для этого положим, что $F_{\max} \rightarrow \infty$. Тогда интервал между отсчетами

$$\Delta t = \frac{1}{2F_{\max}} \rightarrow dt, \text{ и сумма обратится в интеграл } \frac{1}{2\sigma_n^2} \cdot \sum_{i=1}^N n_i^2 \rightarrow \frac{1}{N_0} \int_0^T n^2 dt.$$

В этом случае плотность вероятности шума:

$$p(n(t)) = (2\pi\sigma_n^2)^{-N/2} \exp \int_0^T n^2 dt.$$

При наличии сигнала в смеси $u(t)$ шум $n(t) = u(t) - s(t)$, а при отсутствии – $n(t) = u(t)$.

Тогда

$$p[u(t) | a = 1] = \left(2\pi \cdot \sigma_n^2\right)^{-N/2} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{N_0} \cdot \int_0^T [u(t) - s(t)]^2 dt\right\},$$

$$p[u(t) | a = 0] = \left(2\pi \cdot \sigma_n^2\right)^{-N/2} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{N_0} \cdot \int_0^T u^2(t) dt\right\}.$$

Для отношения правдоподобия имеем

$$l[u(t); \lambda; \varphi] = \exp\left(-\frac{\mathfrak{E}}{N_0}\right) \cdot \exp\left\{\frac{Z}{N_0} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot s(t, \lambda, \varphi) dt\right\},$$

где $\mathfrak{E} = \int_{-\infty}^{\infty} s^2(t) dt$ – энергия сигнала, пределы интегрирования заменены

на $-\infty, \infty$, т. к. вне интервала $(0, T)$ подынтегральная функция равна нулю;

$\int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot s(t, \lambda, \varphi) \cdot dt = z$ – корреляционный интеграл.

Основная масса высокочастотных сигналов описывается моделью

$$s(t) = A(t) \cdot \cos[2\pi f_0 t + \varphi(t) + \varphi_0],$$

где φ_0 – неизвестная начальная фаза (неизмеряемый параметр) с равномерным распределением $p(\varphi_0) = 1/2\pi$ на интервале $(-\pi, \pi)$;

$A(t), \varphi(t)$ – функции, определяющие законы амплитудной и фазовой модуляции. Эти функции в сравнении с $\cos(2\pi f_0 t)$ являются медленно изменяющимися, что позволяет записать корреляционный интеграл в виде

$$z = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot A(t) \cdot \cos[2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi(t) + \varphi_0] dt = z_1 \cdot \cos \varphi_0 - z_2 \cdot \sin \varphi_0 = z \cdot \cos(\theta + \varphi_0),$$

где

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot A(t) \cdot \cos \left[2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi(t) \right] dt \\ z_2 &= \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot A(t) \cdot \sin \left[2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi(t) \right] dt \end{aligned} \right\} \text{ – ортогональные составляющие корреляционного интеграла } z,$$

$z = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$ – огибающая (модуль) корреляционного интеграла,

$\theta = \arctg \frac{z_2}{z_1}$ – фаза корреляционного интеграла.

Подставляя $z = z \cos(\theta + \varphi_0)$ в $l[u(t); \lambda; \varphi_0]$ и усреднив его по всем φ_0 с учетом $p(\varphi_0) = 1/2\pi$ получают отношение правдоподобия для сигнала с неизвестной начальной фазой.

$$l[u(t); \lambda; \varphi] = \exp \left\{ -\frac{\mathfrak{Z}}{N_0} \right\} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{-\pi}^{\pi} \exp \left\{ \frac{2Z}{N_0} \right\} \cdot \cos(\theta + \varphi_0) d\varphi_0 = \exp \left\{ -\frac{\mathfrak{Z}}{N_0} \right\} \cdot I_0 \left(\frac{2Z}{N_0} \right),$$

где $I_0 \left(\frac{2Z}{N_0} \right)$ – модифицированная формула Бесселя нулевого порядка.

Следует отметить, что в качестве выходного сигнала удобнее брать не $l[\bullet]$, а монотонную функцию от него, в качестве которой используют отношение правдоподобия:

$$l'[u(t)] = \ln l[u(t)] = -\frac{\mathfrak{Z}}{N_0} + \ln I_0 \left(\frac{2Z}{N_0} \right),$$

или огибающую корреляционного интеграла Z .

При больших соотношениях «сигнал / шум», обеспечивающих высокое качество обнаружения и измерения, огибающая корреляционного интеграла линейно связана с $\ln l[\bullet]$, т. к. $\ln I_0(y) \approx y$ при $y \gg 1$:

$$l'[u(t)] \approx -\frac{\mathfrak{Z}}{N_0} + \left(\frac{2Z}{N_0} \right).$$

Таким образом, процедура обнаружения $s(t)$ в $u(t)$ при $F = \text{const}$ связана со сравнением выходного сигнала оптимального приемника $l'[\cdot]$ с порогом $l_0' = \ln l_0$ или испытанием огибающей корреляционного интеграла на порог:

$$z_0 = \frac{\mathfrak{E} + l_0' N_0}{2}; \quad q = \frac{\mathfrak{E}}{N_0}; \quad R = R_0(q).$$

4.2.2. Оценка точности измерения параметров сигналов ОР

Измерение параметров радиосигналов всегда происходит при наличии различного рода помех и шумов и неизбежно сопровождается погрешностями измерений. Обычно погрешности подразделяют на систематические и случайные.

Систематическая погрешность (смещение оценки) – математическое ожидание погрешности $\overline{\Delta\alpha}$:

$$\overline{\Delta\alpha} = \overline{\alpha^*} - \alpha_0,$$

где $\overline{\alpha^*}$ – математическое ожидание оценки параметра;

α_0 – истинная величина параметра;

$\overline{\Delta\alpha}$ – неслучайная величина, поэтому она может быть скомпенсирована соответствующей регулировкой измерителя.

Случайная погрешность $\Delta\alpha$:

$$\Delta\alpha = \alpha^* - \alpha_0,$$

где α^* – оценка параметра (измеренное значение).

Так как $\Delta\alpha$ – случайная величина, определить ее конкретное значение при данном измерении нельзя. Можно найти лишь ее статистические характеристики: математическое ожидание, дисперсию, плотность вероятности $P(\Delta\alpha)$ и т. п.

В условиях различной степени априорной неопределенности сведений о помехах и сигналах определение оценок точности измерений параметров сигнала является достаточно сложной проблемой. Поэтому на первом этапе оцени-

вают потенциальную точность измерения параметров для детерминированных сигналов на фоне аддитивного белого гауссовского шума. На следующих этапах решают задачу оценивания параметров стохастических сигналов. Для получения оценок параметров сигнала применяются байесовские и небайесовские методы.

В байесовской постановке задачи оцениваемый параметр интерпретируется как случайная величина, распределение вероятности которой априори известно.

При реализации байесовской оценки вводится функция потерь $C(\theta, d)$, которая характеризует плату за вынесение решения оценки $d = \delta(y)$ при условии, что значение параметра равно θ . Для принятия оценки $d = \delta(y)$ вводят средний риск

$$\bar{r}(W_0, \delta) = M\{C(\theta, \delta(y))\} = \int \int_{r\Omega} C(\theta, \delta(y)) W_0 dy d\theta$$

или апостериорный средний риск

$$\bar{r}(y, \delta) = M\left\{C\left(\theta, \frac{\delta(y)}{y}\right)\right\} = \int_{\Omega} C\{\theta, \delta(y)\} \cdot W\left(\frac{y}{\theta}\right) \cdot W_0 d\theta,$$

где W_0 , $W(y/\theta)$ – априорная и апостериорная плотности вероятности параметра θ соответственно.

Минимизируя средний риск, т. е. находя

$$\bar{r}\left(W_0, \delta^*\right) = \min \bar{r}\left(W_0, \delta\right),$$

можно найти байесовское решение

$$d^* = \delta^*(y)$$

относительно априорной плотности вероятности W_0 . Решение $d^* = \delta^*(y)$ будет оптимальным по байесовскому критерию (байесовская оценка параметра θ). Однако для применения байесовского критерия необходимо знать априорные плотности вероятностей оцениваемых параметров. В реальных ситуациях наблюдатель редко располагает такой информацией.

При отсутствии надежной информации об априорных плотностях вероятности оцениваемых параметров применяют небайесовские подходы к решению задачи. Из небайесовских оценок параметров широко применяются метод максимального правдоподобия (МП), что связано с относительной простотой вычислений оценок и простотой практической реализации измерительных алгоритмов.

Для метода МП плотность $W(y/\theta)$ наблюдений y , принадлежащих области Γ , рассматривается как функция неслучайного параметра θ , $L(\theta) = W(y/\theta)$.

Эта функция – функция правдоподобия. Оценкой МП в этом случае называется такая точечная оценка $d^* = \delta^*(y) = \hat{\theta}_M$, для которой

$$L(\hat{\theta}_M) = \max_{\theta \in \Omega} L(\theta).$$

Если максимум достигается во внутренней точке множества Ω и функция правдоподобия дифференцируема по θ , то оценка МП является корнем уравнения

$$\frac{dL}{d\theta} = 0 \quad \text{или} \quad \frac{d \ln L(\theta)}{d\theta} = 0 \quad - \text{уравнения МП.}$$

Если $d = \delta(y)$ – несмещенная оценка неслучайного параметра θ , т. е. у которого математическое ожидание равно оцениваемому параметру θ , $M \delta(y) = \theta$, то дисперсия этой оценки имеет нижнюю границу, определяемую неравенством Крамера – Рао:

$$D \delta(y) = M [\delta(y) - \theta]^2 \geq \frac{1}{M \left[\frac{\partial \ln W(\theta)}{\partial \theta} \right]^2}.$$

Несмещенная оценка, дисперсия которой равна нижней границе, определенной неравенством Крамера – Рао, называется наиболее эффективной. Граница Крамера – Рао определяет минимальное значение СКО σ_θ , а следовательно

но, представляет потенциальную точность измерения неслучайных параметров сигнала. В этом случае можно записать

$$\min D[\delta(y)] = \sigma_{\theta}^2 = \frac{1}{M \left[\frac{\partial}{\partial \theta} \ln W(y/\theta) \right]^2}.$$

С другой стороны, можно показать, что

$$M \left[\frac{\partial}{\partial \theta} \ln W(y/\theta) \right]^2 = - M \left[\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \ln W(y/\theta) \right].$$

Если воспользоваться этим соотношением, то расчет потенциальной точности измерений упрощается. При расчете необходимо знать плотность распределения вероятностей сигнала и шума $W(y/\theta) \equiv W(y/\theta, v = 1)$, где v – параметр обнаружения, связанный с наличием шума. Если $W(y/v = 0)$ – плотность распределения вероятностей одного шума, то условное отношение правдоподобия имеет вид

$$\lambda(y/\theta) = \frac{W(y/\theta, v = 1)}{W(y/\theta, v = 0)} \equiv \frac{W(y/\theta)}{W(y/\theta, v = 0)}.$$

Так как $W(y/\theta, v = 1)$ не зависит от параметра θ , то

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \lambda(y/\theta) = \frac{\partial}{\partial \theta} W(y/\theta).$$

Отсюда можно записать:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{\theta}^2 = - \frac{1}{M \left[\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \ln \lambda(y/\theta) \right]} \quad \text{или} \\ \sigma_{\theta} = \frac{1}{\sqrt{-M \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \ln \lambda(y/\theta)}} \end{array} \right. .$$

Эти формулы определяют средне-квадратичные ошибки (СКО) измеренных параметров сигнала.

4.3. Анализ возможностей технических разведок по обнаружению, оценке параметров и регистрации перехватываемых сигналов и сообщений

Функционирование СТР может быть описано следующими этапами.

- Поиск, обнаружение, распознавание интересующего разведку ОР. Будем считать, что информация по этому этапу предоставляется другими видами разведки (например, агентурной) и выполнение такой процедуры СТР не является необходимостью. Это означает, что при ведении разведки СТР ориентировано непосредственно на объект разведки.
- Обнаружение, распознавание, измерение параметров информационных сигналов, формируемых ОР, осуществляется оптимальным приемником СТР (согласованным со спектром информационных сигналов), функционирующим в условиях, близких к идеальным (наилучшие погодные условия, наилучшее прохождение сигнала по трассе ОР – СТР, если специально не оговорено, то отсутствие мешающих функционированию ТР сигналов и помех и т. п.).
- Регистрация и демодуляция (декодирование) сообщений, формируемых объектом разведки.

На основе перечисленных этапов ведения технической разведки для оценки возможностей разведки конкретного ОР следует использовать следующие технические показатели.

- Вероятность обнаружения сигнала (сигналов) ОР. Характеризует возможность выделения ОР на видовом изображении окружающей местности или сигнала ОР в спектре принимаемых частот. Расчет этого показателя позволяет выделить средства разведки, способные в заданных условиях добывать информацию об объекте, и исключить из дальнейшего рассмотрения СТР, не способные получить информацию о нем.
- Величины ошибок измерения характеристик объекта и определение его местоположения (пеленг). Характеризует точность разведданных, получаемых ТР об объекте защиты. В качестве меры ошибки будем пользоваться СКО,

средним квадратом разности измеренного и действительного значений соответствующей величины. Расчет ошибок измерения позволяет определить, какие характеристики объекта могут быть определены СТР, а какие не доступны им. На основании этого расчета дается оценка возможности ТР по определению тактико-технических характеристик объекта, по идентификации объекта и выявлению его индивидуальных признаков, а также по взаимной привязке разведанных, получаемых от различных средств ТР.

- Вероятность определения формы объекта. Характеризует возможность описания и классификации обнаруженных объектов. Для СТР, обеспечивающих добывание разведанных в виде изображений объектов, этот показатель характеризует возможность определения формы (контура) объекта и его деталей по снимку.

- Возможности по распознаванию излучающих РЭС оцениваются вероятностями ошибок измерения характеристик сигналов этих РЭС.

- Величина разборчивости речи. Характеризует достоверность речевых сообщений, полученных СТР в результате радиоперехвата (ОР – системы радиосвязи), в результате перехвата информационных (речевых или промодулированных речевыми) сигналов, передаваемых по проводным линиям связи или в результате перехвата речевых сигналов средствами акустической речевой разведки. В качестве такой величины используется относительное количество правильно понятых слов в перехваченном сообщении (словесная разборчивость). Подробно определение словесной разборчивости рассмотрено в источниках [1; 2; 6].

- Величина или вероятность ошибки восстановления перехваченных сообщений. Характеризует достоверность сообщений, полученных разведкой в результате перехвата информации. В зависимости от вида сообщений в качестве показателя достоверности используется либо средне-квадратичное отклонение перехваченного сообщения от переданного, либо отношение «верно или не верно» воспроизведенных элементов сообщения (кодовых комбинаций, букв,

знаков, цифр) к общему числу переданных. Вычисление показателей возможности перехвата информации позволяет определить, какие сообщения могут быть понятны потребителю разведывательных данных, а какие недоступны для него.

Значения перечисленных показателей, при которых следует считать невозможным добывание разведданных об объекте, определяются в соответствии с установленными нормами противодействия. На основании полученных оценок решается вопрос по выбору средств противодействия ТР.

При расчете этих показателей будем учитывать только пространственно-энергетические возможности однократного приема и первичной обработки сигналов, несущих информацию об одиночном объекте. При этом пространственно-временные условия разведки и условия раздельного наблюдения объектов считаются выполненными, а возможное повышение точности измерений за счет большого числа контактов не учитывается. Это означает, что получаемые оценки относятся к случаю, когда защищаемый объект находится в поле зрения СТР (в снимаемом кадре, в главном лепестке диаграммы направленности антенны разведапаратуры и т. п.); время работы на прием и настройку приемного тракта СТР соответствует времени существования и параметрам принимаемого сигнала; продолжительность приема сигнала достаточна для воспроизведения признаков объекта (или перехвата сообщения); сигналы от разных объектов не создают взаимных помех.

Для вычисления показателей возможности разведки целесообразно пользоваться характеристиками взаимного пространственного положения средств разведки и объектов разведки, выраженными в координатах «дальность – азимут – угол места». Алгоритм такого вычисления приведен в части 3 данного учебного пособия.

4.3.1. Расчет вероятности обнаружения радиосигнала

Вероятность обнаружения радиосигнала при фиксированной вероятности ложной тревоги рассчитывается в соответствии с выражением

$$R_0 = \Phi \left(\frac{q \cdot \sqrt{10^6 \cdot \Delta f_c \cdot T_a} - 4,3}{\sqrt{1+q}} \right), \quad F = 10^{-3},$$

где $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-0,5t^2) dt$ – интеграл вероятности, x – параметр обнаружения.

$$T_a = \begin{cases} T_c & \text{для импульсных сигналов и сигналов в цифровых каналах связи,} \\ \frac{10^{-5}}{\Delta f_c} & \text{для непрерывных сигналов,} \end{cases}$$

где T_c – длительность импульсного сигнала или кодовой комбинации, с,

Δf_c – ширина спектра сигнала по уровню половинной мощности, МГц.

$$q = \begin{cases} \frac{P \cdot 10^{0,1 \cdot (G_\Phi + G_p + Z)}}{\Delta f_c \cdot \left(10^{0,1 \cdot N_0} + 10^{0,1 \cdot N_{ш}} \right) \cdot 10^6}, & f \leq 30 \text{ МГц,} \\ \frac{P \cdot 10^{0,1 \cdot (G_\Phi + G_p + Z - N_0)}}{\Delta f_c \cdot 10^6}, & f \geq 30 \text{ МГц} \end{cases},$$

где P – мощность сигнала, подводимая к антенне, Вт;

Z – величина ослабления сигнала на трассе ОР – СТР, дБ. Расчет величины Z на трассе ОР – СТР для разных частотных диапазонов приведен в части 3 настоящего пособия;

$N_{ш}$ – уровень атмосферных шумов на входе приемника СТР, дБ. Задается или определяется по графику, приведенному в части 3 (рис. 6) данного пособия (значения $N_{ш}$ приведены относительно Вт/Гц);

N_0 – чувствительность радиоприемника РРТР, дБ (относительно Вт/Гц),
(исходные данные для определения возможности ТР по перехвату информации
ограниченного распространения);

G_p – коэффициент усиления антенны СТР в направлении на ОР, дБ;

G_ϕ – коэффициент усиления антенны РЭС в направлении на СТР, дБ (зада-
ется или рассчитывается).

Для проводных систем связи расчет вероятности обнаружения сигнала про-
водится со следующими поправками: $G_p = 0$, $G_\phi = 0$, $N_{ш} = 0$; P – мощность
сигнала на входе линии связи, Вт; Z – величина ослабления сигнала в ли-
нии связи на участке ОР – СТР, дБ.

4.3.2. Точностные характеристики измерения параметров радиосигнала

Пусть на некотором интервале $(0, T)$ имеется реализация

$$y(t) = S(\theta, t) + \xi(t),$$

где $S(\theta, t)$ – полезный сигнал, $\xi(t)$ – гауссовский шум.

При этом предполагается, что:

1. Гауссовский «белый» шум $\xi(t)$ имеет нулевое математическое ожидание
и известную корреляционную функцию:

$$M[\xi(t)] = 0, M[\xi(t) \cdot \xi(y + \tau)] = \frac{N_0}{2} \cdot \delta(t),$$

где N_0 – спектральная плотность шума.

2. Вид $S(\theta, t)$ задан, и он полностью расположен внутри интервала $(0, T)$, а
на концах этого интервала значения $S(\theta, t)$ и его производных равны нулю.

В этом случае условное отношение правдоподобия имеет вид

$$\lambda(y/\theta) = \exp \left\{ \frac{2}{N_0} \cdot \int_0^T S(\theta, t) \cdot y(t) dt - \frac{1}{N_0} \cdot \int_0^T S^2(\theta, t) dt \right\} \quad \text{или}$$

$$\ln \lambda(y/\theta) = \frac{2}{N_0} \cdot \int_0^T \left[S(\theta, t) \cdot y(t) - \frac{1}{2} \cdot S^2(\theta, t) \right] dt.$$

Все оцениваемые параметры радиосигнала можно разделить на энергетические и неэнергетические.

Энергетические параметры определяют величину энергии радиосигнала:

$$E(\theta) = \int_0^T S^2(\theta, t) dt.$$

К энергетическим параметрам относятся амплитуда и длительность сигнала.

От значения неэнергетического параметра энергия сигнала, как правило, не зависит, и второе слагаемое в предыдущей формуле можно считать постоянным.

Фаза, частота, длительность запаздывания – неэнергетические параметры сигнала.

Произведем сначала оценку неэнергетических параметров. В этом случае условное отношение правдоподобия имеет вид

$$\lambda(y/\theta) = \exp \left\{ -\frac{E}{N_0} \right\} \cdot \exp \left\{ \frac{2}{N_0} \cdot \int_0^T S(\theta, t) \cdot y(t) dt \right\}.$$

Взяв \ln и дифференцируя по θ , получим уравнение МП:

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \lambda(y/\theta) = \frac{2}{N_0} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \int_0^T S(\theta, t) \cdot y(t) dt = 0.$$

Это уравнение определяет оптимальную оценку $\hat{\theta}_M$.

Для дисперсии оценки имеем:

$$\sigma_{\theta}^2 = \frac{1}{M \left[\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \ln \lambda(y/\theta) \right] \Big|_{\theta=\theta_0}} = -\frac{1}{N_0} M \left[\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \int_0^T S(\theta, t) y(t) dt \right] \Big|_{\theta=\theta_0},$$

где θ_0 – истинное значение параметра.

Подставляя в это соотношение величину $y(t) = S(\theta, t) + \xi(t)$, с учетом $M[\xi(t)] = 0$ получим

$$\sigma_{\theta}^2 = - \frac{1}{\frac{2}{N_0} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \int_0^T S(\theta, t) S(\theta_0, t) dt} \bigg|_{\theta = \theta_0},$$

где $\int_0^T S(\theta, t) \cdot S(\theta_0, t) dt$ – автокорреляционная функция (АКФ) сигнала.

Введем нормированную АКФ:

$$\rho(\theta, \theta_0) = \frac{1}{\int_0^T S^2(\theta, t) dt} \cdot \int_0^T S(\theta, t) \cdot S(\theta_0, t) dt = \frac{1}{E} \cdot \int_0^T S(\theta, t) \cdot S(\theta_0, t) dt.$$

Тогда

$$\sigma_{\theta}^2 = - \frac{1}{\frac{2E}{N_0} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \rho(\theta, \theta_0)} \bigg|_{\theta = \theta_0}.$$

Из выражения видно, что СКО σ_{θ} обратно пропорционально отношению $q = 2E / N_0$ и зависит от кривизны автокорреляционной функции в ее максимуме. Наиболее точные оценки – при кнопочной АКФ.

1. Точность измерения фазы.

Оценим точность измерения фазы в частоте колебаний радиоимпульса вида

$$S(\varphi, t) = A(t) \cos[\omega_0 t + \psi(t) - \varphi], \quad 0 \leq t \leq T,$$

где ω_0 – известная несущая частота.

Запишем нормированную автокорреляционную функцию:

$$\begin{aligned}
\rho(\theta, \theta_0) &= \frac{1}{E_0} \int_0^T A^2(t) \cdot \cos[\omega_0 t + \psi(t) - \phi] \cdot \cos[\omega_0 t + \psi(t) - \phi_0] dt = \\
&= \frac{1}{E_0} \int_0^T \frac{A^2(t)}{2} \cdot \left\{ \cos(\phi - \phi_0) + \cos[2\omega_0 t + 2\psi(t) - \phi - \phi_0] \right\} dt \approx \\
&\approx \frac{1}{E_0} \int_0^T \frac{A^2(t)}{2} \cdot \left\{ \cos(\phi - \phi_0) \right\} dt = \cos(\phi - \phi_0).
\end{aligned}$$

Так как $\frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \cos(\phi - \phi_0) \big|_{\phi = \phi_0} = -1$, отсюда

$$\sigma_\phi = \frac{1}{\sqrt{\frac{2E}{N_0}}} \text{ — СКО для радиоимпульса,}$$

зависит от отношения «сигнал / шум» $q = \frac{E}{N_0}$ и для РРТР имеет вид

$$\sigma_\phi = \frac{1}{\sqrt{2q}}.$$

На основе этого выражения рассчитывают СКО начальной фазы или разности фаз между элементами сложного сигнала.

2. Точность измерения амплитуды радиосигнала.

Пусть сигнал имеет вид

$$S(t) = aS_1(t), \quad 0 \leq t \leq T,$$

где $S_1(t)$ — детерминированная функция, а неизвестным параметром является амплитуда ($\theta = a$). Так как a — энергетический параметр, то условное отношение правдоподобия имеет вид

$$\lambda(y/a) = \exp \left\{ \frac{2}{N_0} \cdot \int_0^T a \cdot S_1(t) \cdot y(t) dt - \frac{1}{N_0} \cdot \int_0^T a^2 \cdot S_1^2(t) dt \right\}$$

или

$$\ln \lambda(y/a) = \frac{2a}{N_0} \cdot \int_0^T S_1(t) \cdot y(t) dt - \frac{a^2}{N_0} \cdot \int_0^T S_1^2(t) dt.$$

Граница Крамера – Рао:

$$\sigma_a^2 = - \frac{1}{M \left[\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \ln \lambda(y/a) \right]} = - \frac{1}{M \left[\frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \left\{ \frac{2a}{N_0} \cdot \int_0^T S_1(t) \cdot y(t) dt - \frac{a^2}{N_0} \cdot \int_0^T S_1^2(t) dt \right\} \right]}.$$

После преобразований получим

$$\sigma_a^2 = - \frac{N_0}{\frac{T}{2 \cdot \int_0^T S_1^2(t) dt}}.$$

Так как $E = a^2 \int_0^T S_1^2(t) dt$, то $\sigma_a^2 = - \frac{a}{\sqrt{\frac{2E}{N_0}}}$ или $\frac{\sigma_a^2}{a} = - \frac{1}{\sqrt{2q}}$, если

$a = 0,707\sqrt{p}$, тогда СКО измерения амплитуды радиосигнала определится выражением

$$\sigma_a^2 = \frac{0,707 \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{q}},$$

где p – мощность сигнала, подводимая к антенне РЭС.

3. Точность измерения несущей частоты, ширины спектра сигнала, длительности импульса (дискрета), периода следования импульсов.

Без вывода запишем формулы для расчета потенциальной точности измерений параметров сигналов РЭС для РРТР.

- СКО измерения несущей частоты f :

$$\sigma_f = \frac{0,28}{\sqrt{q} \cdot T_a}, \text{ Гц},$$

где T_a – время обработки (анализа) сигнала.

$$T_a = \begin{cases} T_c & \text{для импульсных сигналов и сигналов в цифровых каналах связи,} \\ \frac{10^{-5}}{\Delta f_c} & \text{для непрерывных сигналов,} \end{cases}$$

где T_c – длительность импульса сигнала (кодовой комбинации), с.

- СКО измерения ширины спектра сигнала:

$$\sigma_{\Delta} = 4\sigma_f$$

- СКО измерения длительности импульса (дискрета):

$$\sigma_{\tau} = \frac{2,5 \cdot \tau_u}{q}.$$

- СКО измерения периода следования импульсов

$$\sigma_T = \frac{0,2 \cdot \tau_u}{q}.$$

4.3.3. Оценка возможностей технических разведок инструментально-расчетным способом

Рассмотренные выше оценки возможностей разведок по перехвату информационных сигналов ОР предполагают наличие математических моделей этих сигналов, в той или иной степени адекватных реальным. Однако для некоторых технических каналов утечки информации запись математических моделей информационных сигналов невозможна в силу особенностей природы их формирования (каналы ПЭМИН, акустические каналы и их производные: вибрационные, акустоэлектрические, оптико-электронные и т. п.). В этом случае применяют инструментально-расчетные методы (ИРМ) оценки возможностей ТР относительно защищаемого ОР. Суть ИРМ состоит в следующем.

Анализируется частотный диапазон, в котором возможно формирование информационных сигналов ОР. На основе этого анализа выбирается измерительная аппаратура для регистрации сформированных ОР сигналов. Измерительная аппаратура размещается на расстоянии R_0 от объекта исследований

($R_0 = 1$ м для большинства ТКУРИ), которое остается постоянным все время измерений. Объект разведки возбуждают тестовым сигналом известной структуры, что в дальнейшем позволяет определить СКО измерения параметров информационного сигнала ТР.

На основе данных предварительных измерений определяется число дискретов частоты анализа в выбранном частотном диапазоне. Процесс измерения сигналов в выбранном частотном диапазоне повторяют при изменении ракурса положения ОР относительно измерительной аппаратуры от 0° до 360° . В результате формируются две матрицы размерностью $m \times n$, где m соответствует числу дискретов частоты анализа в выбранном диапазоне частот, n – числу дискретов углов ракурса измерения:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1m} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nm} \end{bmatrix}, \quad N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \cdots & n_{1m} \\ n_{21} & n_{22} & \cdots & n_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ n_{n1} & n_{n2} & \cdots & n_{nm} \end{bmatrix},$$

где Y – матрица аддитивной смеси «сигнал + шум», N – матрица значений шума.

По полученным матрицам расчетным путем формируется матрица «чистого» сигнала:

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1m} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ s_{n1} & s_{n2} & \cdots & s_{nm} \end{bmatrix}, \quad \text{где } s_{ik} = \sqrt{(y_{ik}^2 - n_{ik}^2)}, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, n}.$$

Полученная матрица S пересчитывается на вход приемника разведки с применением соответствующих анализируемому частотному диапазону математических моделей распространения сигналов по трассе ОР – СТР и с учетом исходных данных по аппаратуре технической разведки (коэффициент усиления антенны СТР, пороговое отношение «сигнал / шум» и т. п.). Дальнейшие действия по оценке возможностей ТР аналогичны действиям для радиосигнала.

Подробно алгоритмы по оценке возможностей СТР по каналу ПЭМИН и ряду каналов утечки речевой информации рассмотрены в источниках [1; 2; 6; 7]. Расчет наведенных во второстепенные линии и технические средства сигналов рассмотрен в источниках [4; 8]. Следует заметить, что приведенные выше матрицы размерности $m \times n$ сформированы для ОР, генерирующих сигналы разной интенсивности во всем ракурсе азимутальных и угломестных углов наблюдения, и привязаны к конкретным методикам инструментально-расчетного метода оценки возможностей технических разведок. Примером может служить ИРМ по оценке возможности разведки ПЭМИН. Минимальная размерность таких матриц соответствует матрице-строке, получаемой при $n = 1$. Такие матрицы применяют при оценке возможностей акустической речевой разведки и оценке параметров прямых и производных от прямых каналов утечки речевой информации.

ЧАСТЬ 2.

ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТА

КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Введение

Курсовая работа по дисциплине «Средства технических разведок» охватывает разделы курса, посвященные вопросам оценки возможностей технических разведок по обнаружению, распознаванию и перехвату информации, циркулирующей в различных видах объектов разведки (ОР). Для оказания помощи студентам при решении задач курсовой работы в библиографическом списке приведена необходимая техническая литература, а в части 3 издания приведены необходимый справочный материал и основные расчетные соотношения для вычисления параметров сигналов ОР, непосредственно определяющих возможности конкретных видов разведки по перехвату информации ограниченного распространения. Там же рассмотрен ряд алгоритмов по определению параметров маскирующих сигналов и характеристик средств пассивной защиты информации, обеспечивающих необходимую степень защиты ОР от СТР.

Задачами работы являются:

- изучение демаскирующих признаков конкретных видов ОР, возможных каналов утечки информации защищаемых ОР и возможных угроз защищаемым ОР от конкретных видов технической разведки (ТР);
- приобретение навыков по расчету и анализу зон разведдоступности ТР применительно к конкретно заданному ОР;
- изучение методов и способов закрытия каналов утечки информации от опасных видов ТР и критериев эффективности этих методов.

1. Содержание и оформление пояснительной записки

В курсовой работе для заданного типа ОР необходимо привести:

1. Анализ демаскирующих признаков и их параметров, опасных с точки зрения возможных угроз защищаемому ОР со стороны ТР. На основе этого анализа формируется перечень потенциально опасных видов СТР и возможных каналов утечки информации ограниченного распространения. В этом разделе требуется привести схему ОР с возможными направлениями размещения аппаратуры ТР и с указанием границ КЗ.

2. Расчет зон разведдоступности ТР применительно к конкретно заданному ОР. Приводятся схематически границы зон разведдоступности по каждому виду анализируемой ТР и границы КЗ.

3. Анализ методов закрытия каналов утечки информации от опасных видов ТР и расчет оценок эффективности этих методов.

4. Рекомендации по построению и практической реализации защиты информации на заданном ОР. Приводятся перечень мероприятий по противодействию ТР, расчеты необходимых показателей противодействия ТР и их эффективности, схемы расположения активных средств противодействия.

5. Заключение по результатам выполненной работы.

6. Список использованной в работе литературы. Расположение литературы в библиографическом списке должно соответствовать порядку ссылок на нее в тексте пояснительной записки.

Общие требования и правила оформления пояснительной записки установлены стандартом предприятия [9]. В соответствии с этими требованиями рекомендуется следующая последовательность размещения материала:

- титульный лист;
- реферат;
- содержание;
- перечень условных обозначений, единиц и терминов;

– введение (включающее общую постановку задачи и конкретное задание на проектирование);

– основная часть, в которой анализируются демаскирующие признаки и рассчитываются характеристики защищаемого ОР, производится расчет зон разведдоступности по каждому из выявленных опасных видов ТР и указываются пути возможного предотвращения утечки информации от защищаемого ОР и их оценка (основная часть должна делиться на разделы, пункты и подпункты);

– заключение, содержащее основные выводы по работе;

– список использованных литературных источников;

– приложения.

Пояснительная записка должна быть написана на листах белой бумаги формата А4 (210х297) с оставлением полей или на стандартных листах с рамкой. Иллюстрации (рисунки и графики) выполняются отдельно на таких же листах бумаги формата А4 и помещаются с включением в общую нумерацию страниц после первой ссылки на них в тексте. Иллюстрации большого формата помещаются в приложение. Надписи на титульном листе заполняются чертежным шрифтом или печатаются на принтере.

2. Защита курсовой работы

При защите курсовой работы студент должен знать и уметь интерпретировать применительно к своему варианту следующие вопросы из программы курса:

1. Задачи, структура и возможности различных видов технической разведки относительно заданного ОР, основные этапы и процессы добывания ею информации.

2. Совокупность демаскирующих признаков объектов информатизации, используемых техническими разведками при добывании разведывательной информации, содержащейся в сигналах ОР.

3. Характеристики используемых и перспективных технических средств добывания разведывательной информации.
4. Принципы обнаружения, распознавания и оценки параметров объектов технической разведки по характерным демаскирующим признакам этих объектов.
5. Виды средств технической разведки.
6. Демаскирующие признаки объектов для конкретных видов технической разведки.
7. Методику оценки возможностей технической разведки и методы определения зон разведдоступности конкретных объектов информатизации.
8. Основные принципы и методы добывания разведывательной информации.
9. Методы и способы организации противодействия СТР по перехвату информации, циркулирующей на защищаемом ОР.

3. Задания на курсовую работу

Ниже приведены технические задания (ТЗ) на курсовую работу. Приведенные числовые значения исходных данных в вариантах заданий носят ориентировочный характер. Конкретные значения исходных данных и требований по оценке возможностей ТР по каждому из заданий формируются преподавателем при выдаче ТЗ студенту. Для решения задач, связанных с радиоканалом и каналом ПЭМИН, рекомендуются материалы, изложенные в источниках [1; 4; 8; 10; 11; 12]. Задачи, связанные с возможной утечкой речевой информации, рассмотрены в источниках [1; 2; 6; 7; 13; 14; 15; 16; 17]. Предложенная литература поможет студентам при решении задач курсовой работы.

Задание № 1

В помещении, расположенном на первом этаже и имеющем размеры 6×5×2,6 м, работает компьютер, создающий побочные электромагнитные излу-

чения в диапазоне частот от 300 МГц до 1000 МГц, излучающиеся случайными антеннами и имеющие напряженность электрического поля на расстоянии 2 м от источника 50 мкВ / м во всем диапазоне. Измерение напряженности поля проведено узкополосным приемником с полосой пропускания 100 кГц.

Для обеспечения защищенности компьютера от утечки информации в соответствии с нормами требуется отношение мощностей сигнала и шума: $P_c / P_{ш} = 0,1$ (–10 дБ) в полосе частот, занимаемой информационным сигналом, и при условии, что шум – это тепловой шум антенны.

- Определить существующее отношение «сигнал / шум» на границах помещения (при условии, что компьютер расположен в центре помещения и доступ снизу исключен). Принять, что на всех частотах прием сигналов ведется приемником с антенной типа симметричного полуволнового вибратора (настраиваемого на каждой частоте). Сопротивление излучения антенны равно 73 Ом. Полосы пропускания приемника принять соответствующими сигналам видеосистемы компьютеров (для современных компьютеров 50 МГц) и излучению клавиатуры (примерно 100 КГц).

- Определить радиусы зоны II (R_2) для обеих полос сигналов, исходя из заданного отношения «сигнал / шум» $P_c / P_{ш} = 0,1$.

- Определить, во сколько раз необходимо увеличить спектральную плотность шумов для уменьшения радиуса R_2 до границ помещения.

- Какова должна быть мощность широкополосного генератора шума, имеющего ширину спектра излучения от 10 МГц до 1000 МГц, для обеспечения нужного уровня спектральной плотности шума, при условии, что генерируется шум с равномерной спектральной плотностью, и реального генератора шума (например, ГШ 1000) со спектральной плотностью, изменяющейся по закону $S(\omega) = S_0 / \omega^4$. Предполагается, что генератор шума будет находиться рядом с компьютером.

- Провести анализ возможностей других видов разведки по перехвату информации с компьютера и предложить способы предотвращения утечки этой информации.

Задание № 2

Для защиты переговоров по телефону от подслушивания при помощи диктофонов и других устройств, которые могут быть подключены к телефонному кабелю, в телефонную линию подается высокочастотный шум. Интенсивность шума должна быть достаточно высокой, чтобы эффективно противодействовать подслушивающим устройствам. Спектр шума не должен перекрываться спектром речевого сигнала (в телефонных системах речевой сигнал занимает область частот от 300 Гц до 3,4 КГц). В то же время он должен максимально приближаться к спектру речевого сигнала, чтобы его нельзя было отфильтровать простым фильтром в подслушивающем устройстве.

Для нормальной работы телефонной системы телефонные аппараты и другие элементы преобразования речевого сигнала (устройства на городской АТС или локальной мини-АТС) должны быть снабжены фильтрами нижних частот с характеристиками, обеспечивающими разделение шума и речевого сигнала.

Требуется выбрать тип и рассчитать фильтр нижних частот для выделения речевого сигнала из смеси с шумом при следующих характеристиках речевого сигнала и шума.

- Речевой сигнал имеет действующее значение напряжения 1 В.
- Спектр речевого сигнала ограничен частотами 300 Гц – 3,4 КГц и имеет в этом диапазоне закон изменения спектральной плотности мощности

$$W(\omega) \sim 1 / \omega.$$

- Маскирующий шум имеет действующее значение напряжения 10 В.
- Спектр шума занимает область частот от 5 до 50 КГц и имеет постоянную спектральную плотность мощности в этом диапазоне.
- При выделении речевого сигнала необходимо обеспечить превышение действующего значения сигнала над шумом более 20 дБ.

- При проектировании и расчете фильтра считать, что линия нагружена на стандартное сопротивление 600 Ом.

- Неравномерность частотной характеристики фильтра в полосе пропускания не должна превышать 3 дБ.

Определить характерные частоты и порядок фильтра. Выбрать и обосновать вид реализации фильтра (пассивный, активный или другой). Выполнить расчет элементов фильтра. Выбрать радиокомпоненты для реализации фильтра. Оценить габаритные размеры фильтра. Оценить возможность использования подобного фильтра в малогабаритном закладном устройстве.

В режиме положенной на рычаг телефонной трубки коэффициент акусто-электрического преобразования $\eta = 8000$ мкВ/Па. Чувствительность приемника перехвата – 1 мкВ (пороговое отношение «сигнал / шум» приемника разведки (–15 дБ)). В помещении ведутся закрытые переговоры с интегральным уровнем акустического давления $L_n = 70$ дБ. Оценить возможность перехвата наведенного в телефонной линии связи сигнала U_n , если в режиме положенной на рычаг трубки в линию связи генерируется шум с действующим значением напряжения $U_{ш1} = 1$ мВ и $U_{ш2} = 6$ мВ. Выходное сопротивление генератора шума – 600 Ом. Модуль выходного сопротивления телефонного аппарата в режиме положенной на рычаг телефонной трубки – 40 кОм, а модуль сопротивления телефонной линии – 600 Ом.

Задание № 3

С борта испытываемой крылатой ракеты (КР) передается телеметрическая информация. Параметры телеметрической аппаратуры КР:

- Мощность, подводимая к антенне, $P = 1$ Вт;
- Коэффициент усиления антенны по главному лепестку $G_F = 40$ дБ, по боковым лепесткам принять равными 0 дБ (принять уровень боковых лепестков постоянным в ракурсе углов их существования);
- Ширина диаграммы направленности антенны по уровню $0,707 \Delta\theta = 1^\circ$;

- Несущая частота $f = 8000$ МГц;
- Ширина спектра сигнала 1 МГц;
- Модуляция КИМ-ЧМ, основание кода $d_K = 2$, разрядность $U = 6$;
- Высота полета КР над уровнем моря $h_I = 0,5$ км;
- Долгота расположения КР – 38° восточной долготы;
- Широта расположения КР – 56° северной широты;
- Ориентация направления главного лепестка антенны КР: азимут – 110° ,

угол места – 5° ;

- Гидрометеорообразования на трассе КР – ИСЗ отсутствуют.

Разведывательная аппаратура установлена на ИСЗ и имеет тактико-технические данные:

- Чувствительность приемника $N_0 = (-200)$ дБ;
- Коэффициент усиления антенны на частоте 8000 МГц $G_p = 65$ дБ;
- Ширина диаграммы направленности антенны на частоте 8000 МГц: $0,1^\circ$;
- Высота ИСЗ над уровнем моря $h_2 = 36650$ км;
- Долгота подспутниковой точки ИСЗ – 55° восточной долготы;
- Широта подспутниковой точки ИСЗ – 0° .

Радиус Земли $R_3 = 6371$ км.

Определить дальность обнаружения сигнала КР, при вероятности обнаружения $R_0 > 0,1$, вероятность ошибочного приема кодовых комбинаций. Допустимое значение СКО восстановления перехваченного сообщения $\sigma_{mc} \leq 0,3$. Предложить способы, снижающие возможности перехвата телеметрической информации аппаратурой разведки.

Задание № 4

Определить требования к пассивной и активной защите помещения, в котором находятся телефон спецсвязи и закладное устройство (радиомикрофон), расположенное на расстоянии 22,5 м от телефона. Размеры помещения 25×6 м.

В помещении находятся одна одинарная деревянная дверь, четыре деревянных окна с двойными рамами, два воздуховода приточно-вытяжной вентиляции, четыре батареи центрального отопления, система охранно-пожарной сигнализации (датчик разбития стекла – 4 шт., объемный инфракрасный охранный извещатель, два дымовых пожарных извещателя). Границей контролируемой зоны являются ограждающие конструкции помещения. Радиомикрофон воспринимает акустический сигнал при интегральном отношении «сигнал / шум» (–15 дБ). Интегральный уровень речевого сигнала в окрестности телефона – 70 дБ, а интегральный уровень равномерно распределенного по всему помещению акустического шума – 30 дБ.

Определить излучаемую мощность передатчика перехваченного сигнала, если рабочая частота передачи закладного устройства 200 МГц, сопротивление нагрузки 50 Ом, выходная мощность 1 мВт, передающая антенна – симметричный вибратор диаметром 2 мм и длиной 10 см.

Определить излучаемую мощность генератора маскирующего шума, который необходимо использовать для эффективной маскировки акустического сигнала, если его нижняя граничная частота 10 МГц, верхняя граничная частота 1 ГГц, сопротивление нагрузки 50 Ом, выходная мощность 3 Вт, антенна – несимметричный вибратор диаметром 2 мм и длиной от 20 см до 1 м.

Определить минимальное расстояние между генератором маскирующего шума и передатчиком закладного устройства и требования по мощности к генератору шума.

Оценить другие возможные каналы утечки информации, возможные виды опасных средств технических разведок и предъявить количественные требования по защите этих каналов.

Задание № 5

Определить возможности космического аппарата (КА) РРТР по обнаружению РЭС, перехвату речевых сообщений и определению местоположения РЭС (с использованием однопозиционного метода и моноимпульсного амплитудного способа пеленгования РЭС).

Исходные данные по РЭС:

- долгота расположения РЭС: 38° восточной долготы;
- широта расположения РЭС: 56° северной широты;
- высота антенны РЭС над уровнем моря: 0,07 км;
- несущая частота радиосигнала: 8000 МГц;
- ширина спектра радиосигнала: 0,03 МГц;
- модуляция несущей: частотная с индексом $m_{\text{ч}} = 0,5$;
- мощность, подводимая к антенне: 0,1 Вт;
- коэффициент усиления антенны по главному лепестку: 50 дБ;
- коэффициент усиления антенны по боковым лепесткам (принять уровень боковых лепестков постоянным в ракурсе углов их существования): 0 дБ;
- ширина диаграммы направленности на частоте 8000 МГц: $0,1^{\circ}$;
- ориентация направления главного лепестка антенны РЭС: азимут – 110° ;
- угол места – 5° ;
- гидрометеорообразования на трассе «РЭС – КА» отсутствуют.

Исходные данные по КА:

- долгота подспутниковой точки КА: 55° восточной долготы;
- широта подспутниковой точки КА: 0° ;
- высота КА над уровнем моря: 36 650 км;
- чувствительность приемника: (–200) дБ;
- коэффициент усиления антенны на частоте 8000 МГц: 65 дБ;
- ширина диаграммы направленности на частоте 8000 МГц: $0,1^{\circ}$.

При проведении расчетов принимается:

- средний радиус Земли $R_3 = 6371$ км;
- радиус Земли с учетом рефракции радиоволн (эквивалентный радиус)

$$R_9 = 8500 \text{ км};$$

- углам места, расположенным выше линии местного горизонта, присваивается положительный знак, расположенным ниже линии местного горизонта – отрицательный знак;

- восточная долгота и северная широта в расчетных соотношениях используются со знаком «плюс», западная долгота и южная широта – со знаком «минус».

Задание № 6

Тактовый генератор в персональном компьютере, работает на частоте 300 МГц. Мощность генератора при согласованной нагрузке (50 Ом) равна 0,1 мВт. Колебание генератора поступает на процессор по проводнику длиной 2 см и диаметром 1 мм. Земляная шина на плате оказалась в стороне и не создает компенсирующего излучения.

- Определить излучаемую мощность тактового генератора.
- Определить расстояние, на котором можно обнаружить излучение генератора приемником с полосой пропускания 100 кГц, коэффициентом шума 3 дБ и работающего с антенной типа полуволнового симметричного вибратора. Для обнаружения требуется обеспечить отношение «сигнал / шум» 6 дБ.
- Для защиты от утечки информации, создаваемой генератором, используется широкополосный генератор шума, работающий в диапазоне частот от 10 до 1000 МГц. Генератор шума имеет неравномерную спектральную плотность мощности шума в диапазоне частот. Закон изменения спектральной плотности описывается выражением:

$$P_{\text{вых}} = P_0 / \omega^2.$$

Выходное сопротивление передатчика генератора равно 50 Ом. Выходная мощность (на нагрузке 50 Ом) равна 3 Вт. В качестве антенны используется несимметричный вибратор, длина которого может изменяться от 20 см до 1 м.

Для наилучшей защиты генератором шума длину антенны следует установить равной четверти длины волны (на частоте 300 МГц), тогда сопротивление излучения антенны будет равным 37 Ом.

- Определить мощность излучения генератора шума в полосе частот 100 кГц в окрестности частоты тактового генератора 300 МГц.

- Определить минимальное расстояние от компьютера (в направлении на разведывательный приемник), на котором можно расположить генератор шума для обеспечения защиты от перехвата. Считать, что полоса пропускания разведывательного приемника составляет 100 кГц. Для надежной защиты от перехвата требуется обеспечить отношение мощности сигнала тактового генератора к мощности генератора шума не выше (-10) дБ ($P_c / P_{ш} < 0,1$).

- Определить расстояние, на котором можно перехватить видеосигнал компьютера и восстановить изображение, в предположении, что канал утечки создается за счет модуляции колебания тактового генератора видеосигналом. Ширина спектра видеосигнала современных компьютеров составляет примерно 50 МГц. Считать, что имеет место амплитудная модуляция с коэффициентом модуляции 100 %. Приемник перехвата должен иметь полосу пропускания также равную 50 МГц. Для восстановления изображения требуется отношение «сигнал / шум» не менее 10 дБ.

- Оценить требования к мощности широкополосного генератора шума для защиты от утечки видеосигнала. Считать характеристики генератора шума (кроме мощности) такими, как заданы выше.

- Оценить требования к мощности широкополосного генератора шума для защиты от утечки видеосигнала на границе контролируемой зоны (принять радиус контролируемой зоны равным 10 м).

Задание № 7

Вдоль коридора длиной 30 метров проложены телефонные кабели и кабели пожарной сигнализации (одинаковой конструкции – двухпроводный кабель с расстоянием между проводниками 5 мм). Расстояние между телефонным кабелем и кабелем сигнализации составляет 5 см. Диаметр проводников кабелей составляет 0,5 мм.

По телефонной линии передается речевой сигнал (в полосе частот 300 Гц – 3,4 кГц), имеющий действующее значение напряжения 1 В и равномерный энергетический спектр.

Телефонная линия нагружена на сопротивление 600 Ом.

Линия сигнализации нагружена на сопротивление 100 кОм.

- Рассчитать энергетический спектр наведенного сигнала на сопротивлении нагрузки линии сигнализации при условии, что преобладающей является емкостная связь. Сравнить энергетический спектр наведенного сигнала со спектром теплового шума сопротивления нагрузки.

- Для защиты телефонной линии от утечки за счет акустоэлектрических преобразований при положенной трубке в линию включено диодное защитное устройство «Корунд».

- Телефонная линия организационно защищена от возможности непосредственной подачи в нее высокочастотного колебания для осуществления съема информации с помощью ВЧ навязывания. Однако высокочастотное навязывание можно осуществить через соседний кабель охранной сигнализации.

- Оценить эффективность и опасность высокочастотного колебания, подаваемого в цепь охранной сигнализации и попадающего в телефонный кабель за счет емкостной связи, рассмотренной в предыдущей задаче.

- Провести расчет для режима телефонной линии, соответствующего ведению переговоров. В этом случае диоды защитного устройства имеют прямое смещение, по ним протекает постоянный ток (равный 20 мА). В телефонной линии имеются речевой сигнал с амплитудой 1 В и высокочастотное колебание

(имеющее частоту 100 МГц и амплитуду 1 В в линии охранной сигнализации), амплитуда которого определяется емкостной связью.

- Необходимо составить эквивалентную схему взаимодействия низкочастотного и высокочастотного сигналов и определить эффект, наблюдаемый в цепи подачи высокочастотного колебания.
- Определить минимальное расстояние и длину совместного пробега между телефонным кабелем и линией пожарной сигнализации, при которых отношение «сигнал / шум» (тепловой) в линии пожарной сигнализации не превышает значения (–15) дБ.
- Определить уровень ПЭМИ по электрической составляющей и количественно оценить зону разведдоступности для отношения «сигнал / шум»
- (–15) дБ. Для радиуса контролируемой зоны 10 м определить (рассчитать) необходимую активную маскировку белым шумом.

Задание № 8

Рабочий кабинет имеет размеры: 20×6×2,5 м, границей контролируемой зоны служат ограждающие конструкции помещения. В помещении расположены четыре окна (одинарное окно с силикатным стеклом толщиной 3 мм, размер окна 2×2 м), два воздуховода приточной и вытяжной вентиляций (размер окна воздуховода 20×30 см), входная деревянная дверь без уплотнительных прокладок по периметру (толщина полотна 40 мм, размер двери 1,5×2 м), система охранно-пожарной сигнализации (четыре охранных извещателя разбития стекла, два инфракрасных объемных охранных извещателя, два оптико-электронных дымовых датчика пожарной сигнализации), телефонный аппарат ГАТС, компьютер. Помещение расположено на первом этаже, окна ориентированы на улицу, на расстоянии 100 м от окон расположено жилое здание. Внутренние стены – железобетонная панель толщиной 40 мм, внешняя стена – кирпичная кладка, оштукатуренная с двух сторон, толщиной 410 мм.

В рабочем кабинете проводятся переговоры, содержащие информацию, подлежащую обязательной защите от перехвата техническими разведками.

Провести анализ демаскирующих признаков, выявить возможно опасные виды технических разведок и технические каналы утечки речевой информации. Оценить возможность перехвата речевой информации из рабочего кабинета через вентиляционный колодец с использованием ненаправленного микрофона, через закрытое и открытое окно с использованием направленного микрофона.

Исходные данные по речевому сигналу в помещении: уровни звукового давления речевого сигнала в октавных полосах частот: $L_{н1} = 66$ дБ; $L_{н2} = 66$ дБ; $L_{н3} = 61$ дБ; $L_{н4} = 56$ дБ; $L_{н5} = 53$ дБ.

Исходные данные по аппаратуре разведки: длина трубки направленного микрофона $l = 1$ м.

Исходные данные по условиям ведения разведки:

- Октавные уровни акустического шума в ближайшем выходном окне воздуховода вентиляции:

- для приточной вентиляции – $L_{ш1} = 50$ дБ; $L_{ш2} = 48$ дБ; $L_{ш3} = 44$ дБ; $L_{ш4} = 40$ дБ; $L_{ш5} = 38$ дБ;

- для вытяжной вентиляции – $L_{ш1} = 49$ дБ; $L_{ш2} = 44$ дБ; $L_{ш3} = 40$ дБ; $L_{ш4} = 37$ дБ; $L_{ш5} = 35$ дБ.

Коэффициенты ослабления в воздуховодах: $Z_1 = (-28)$ дБ; $Z_2 = (-32)$ дБ; $Z_3 = (-35)$ дБ; $Z_4 = (-29)$ дБ; $Z_5 = (-18)$ дБ.

- Для открытого окна октавные уровни акустического шума: $L_{ш1} = 54$ дБ; $L_{ш2} = 49$ дБ; $L_{ш3} = 45$ дБ; $L_{ш4} = 42$ дБ; $L_{ш5} = 40$ дБ; дальность перехвата информации $D_n = (10; 20; 30)$ м; для закрытого окна октавные уровни акустического шума: $L_{ш1} = 54$ дБ; $L_{ш2} = 49$ дБ; $L_{ш3} = 45$ дБ; $L_{ш4} = 42$ дБ; $L_{ш5} = 40$ дБ; дальность перехвата информации $D_n = (1,1; 2)$ м.

Допустимое значение словесной разборчивости $W_n \leq 0,1$. Если это условие не выполняется, то разработать мероприятия по активной и пассивной защите

помещения (рассчитать требуемые значения уровней активной маскировки речевого сигнала по опасному разведнаправлению и предложить необходимые строительные и организационные меры).

Задание № 9

Определить вероятность обнаружения, значение словесной разборчивости речи и вероятность ошибочного приема кодовой комбинации при перехвате аппаратурой наземного стационарного центра радиоразведки речевого и дискретного сообщений, передаваемых РЭС связи. Рассчитать высоту подъема антенны РЭС для обеспечения прямой видимости «РЭС – СТР». Разработать мероприятия по предотвращению перехвата информации аппаратурой СТР.

Исходные данные:

1. По разведываемому РЭС:

- мощность передатчика РЭС = 10 Вт;
- несущая частота $f = 50$ ГГц;
- коэффициент усиления антенны (в направлении на СТР) $G_m = 20$ дБ;
- ширина спектра излучаемого сигнала $\Delta f_c = 0,003$ МГц;
- основание кода дискретного сообщения $i = 2$;
- разрядность кода $U = 7$;
- исправляющая способность кода (кратность) $L = 1$;
- модуляция: 1) ЧМ для речевого сообщения $m_q = 0,5$;

2) ЧМн для дискретного сообщения.

2. По аппаратуре разведки:

- коэффициент усиления антенны в направлении на РЭС $G_p = 60$ дБ;
- уровень атмосферных шумов на входе приемника СТР $N_{ш} = (-170)$ дБ.

3. По условиям ведения разведки:

- дальность между РЭС и СТР в условиях прямой видимости $D = 200$ км;
- высота подъема антенны СТР $H_{СТР} = 10$ м.

Задание предусматривает выполнение следующих частей работы:

1) расчет основных параметров технического задания для варианта системы с модуляцией ЧМ и ЧМн;

2) анализ полученных данных и разработка необходимых мероприятий по предотвращению перехвата информации.

При проведении расчетов принимается:

- средний радиус Земли $R_3 = 6371$ км;
- пороговое значение вероятности обнаружения $R_0 > 0,1$;
- допустимое значение СКО восстановления перехваченного сообщения $\sigma_{\text{ТС}} \leq 0,3$;
- пороговое значение словесной разборчивости речи $W \leq 0,1$.

Задание № 10

Рабочий кабинет имеет размеры: 20×6×2,5 м, границей контролируемой зоны служат ограждающие конструкции помещения. В помещении расположены четыре окна (одинарное окно с силикатным стеклом толщиной 3 мм, размер окна 2×2 м), два воздуховода приточной и вытяжной вентиляций (размер окна воздуховода 20×30 см), входная дверь (стандартное полотно толщиной 40 мм с обивкой дермантином по минеральному войлоку, с уплотнительными прокладками по периметру, размер двери 1,5×2 м), система охранно-пожарной сигнализации (четыре охранных извещателя разбития стекла, два инфракрасных объемных охранных извещателя, два оптико-электронных дымовых датчика пожарной сигнализации), телефонный аппарат ГАТС, компьютер, кондиционер с внешним блоком, выходящим на улицу. Помещение находится на первом этаже, окна ориентированы на улицу, на расстоянии 100 м от окон расположено жилое здание. Внутренние стены – железобетонная панель толщиной 40 мм, внешняя стена – кирпичная кладка, оштукатуренная с двух сторон, толщиной 410 мм.

В рабочем кабинете проводятся переговоры, содержащие информацию, подлежащую обязательной защите от перехвата техническими разведками.

Провести анализ демаскирующих признаков, выявить возможно опасные виды технических разведок и технические каналы утечки речевой информации. Оценить возможность перехвата речевой информации из рабочего кабинета через дверь с использованием ненаправленного микрофона, через закрытое окно с использованием стетоскопа, по линии электропитания кондиционера с использованием разведывательного приемника чувствительностью 1 мкВ (пороговое отношение «сигнал / шум» приемника разведки (–10) дБ).

Исходные данные по речевому сигналу в помещении: уровни звукового давления речевого сигнала в октавных полосах частот: $L_{н1} = 66$ дБ; $L_{н2} = 66$ дБ; $L_{н3} = 61$ дБ; $L_{н4} = 56$ дБ; $L_{н5} = 53$ дБ (интегральный уровень 70 дБ).

Исходные данные по условиям ведения разведки:

- октавные уровни акустического шума в месте возможного расположения ненаправленного микрофона в окрестности двери:

$$L_{ш1} = 49 \text{ дБ}; L_{ш2} = 44 \text{ дБ}; L_{ш3} = 40 \text{ дБ}; L_{ш4} = 37 \text{ дБ}; L_{ш5} = 35 \text{ дБ};$$

- октавные уровни виброакустического шума в месте возможной установки стетоскопа на оконном остеклении:

$$V_{ш1} = 17 \text{ дБ}; V_{ш2} = 12 \text{ дБ}; V_{ш3} = 8 \text{ дБ}; V_{ш4} = 3 \text{ дБ}; V_{ш5} = 2 \text{ дБ};$$

- коэффициенты ослабления уровня звукового давления речевого сигнала в i -й ($i = \overline{1 - 5}$) октавной полосе частот, учитывающие вибрационные свойства оконного остекления:

$$Z_1 = -49 \text{ дБ}; Z_2 = -53 \text{ дБ}; Z_3 = -58 \text{ дБ}; Z_4 = -64 \text{ дБ}; Z_5 = -65 \text{ дБ}.$$

Допустимое значение словесной разборчивости $W_n \leq 0,1$. Если это условие не выполняется, то разработать мероприятия по активной и пассивной защите помещения (рассчитать требуемые значения уровней активной маскировки речевого сигнала по опасному разведнаправлению и предложить необходимые строительные и организационные меры).

На рис. 10.1 представлена зависимость коэффициента акустоэлектрического преобразования η кондиционера от частоты, полученная в процессе специаль-

ных исследований. Выходное сопротивление кондиционера $Z_{\text{вых}} = 20$ кОм на частоте 1000 Гц. Сопротивление линии электропитания принять равным 1 Ом. Необходимо оценить уровень наведенного в линии электропитания сигнала за счет акустоэлектрического эффекта. При превышении наведенного сигнала порогового значения ($U_{\text{пор}} = 1$ мкВ, пороговое отношение «сигнал / шум» приемника разведки (–10) дБ) принять меры по предотвращению утечки речевой информации по акустоэлектрическому каналу.

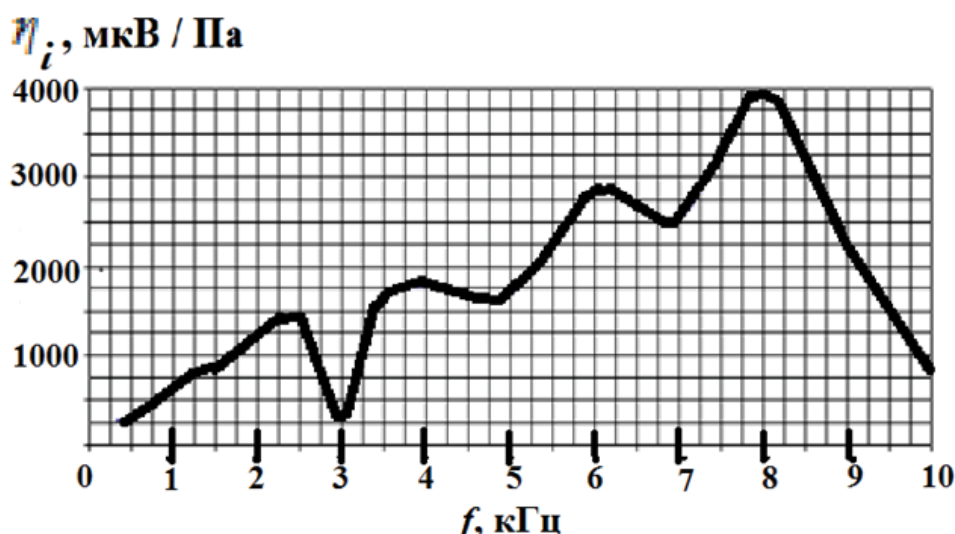


Рис. 10.1 АЧХ коэффициента акустоэлектрического преобразования

Задание № 11

Рабочий кабинет имеет размеры: 20×6×2,5 м, границей контролируемой зоны служат ограждающие конструкции помещения. В помещении расположены четыре окна (одинарное окно с силикатным стеклом толщиной 3 мм, размер окна 2×2 м), два воздуховода приточной и вытяжной вентиляций (размер окна воздуховода 20×30 см), входная дверь (стандартное полотно толщиной 40 мм с обивкой дермантином по минеральному войлоку, с уплотнительными прокладками по периметру, размер двери 1,5×2 м), система охранно-пожарной сигнализации (четыре охранных извещателя разбития стекла, два инфракрасных объемных охранных извещателя, два оптико-электронных дымовых датчика пожарной сигнализации), телефонный аппарат ГАТС, компьютер, кондиционер с внешним блоком, выходящем на улицу. Помещение расположено на первом

этаже, окна ориентированы на улицу, на расстоянии 100 м от окон расположено жилое здание. Внутренние стены – железобетонная панель толщиной 40 мм, внешняя стена – кирпичная кладка, оштукатуренная с двух сторон, толщиной 410 мм.

В рабочем кабинете проводятся переговоры, содержащие информацию, подлежащую обязательной защите от перехвата техническими разведками.

Провести анализ демаскирующих признаков, выявить возможно опасные виды технических разведок и технические каналы утечки речевой информации. Оценить возможность перехвата речевой информации из рабочего кабинета в смежные помещения с использованием ненаправленного микрофона, через закрытое окно с использованием аппаратуры оптико-электронной (лазерной) разведки, по линии телефонной связи с использованием разведывательного приемника чувствительностью 1 мкВ (пороговое отношение «сигнал / шум» приемника разведки (–10) дБ).

Исходные данные по речевому сигналу в помещении: уровни звукового давления речевого сигнала в октавных полосах частот: $L_{н1} = 66$ дБ; $L_{н2} = 66$ дБ; $L_{н3} = 61$ дБ; $L_{н4} = 56$ дБ; $L_{н5} = 53$ дБ (интегральный уровень 70 дБ).

Исходные данные по условиям ведения разведки: октавные уровни акустического шума в месте возможного расположения ненаправленного микрофона в смежном помещении:

$$L_{ш1} = 49 \text{ дБ}; L_{ш2} = 44 \text{ дБ}; L_{ш3} = 40 \text{ дБ}; L_{ш4} = 37 \text{ дБ}; L_{ш5} = 35 \text{ дБ}.$$

Исходные данные по аппаратуре оптико-электронной (лазерной) разведки:

- мощность непрерывного лазерного излучения $P_0 = 30 \cdot 10^{-3}$ Вт;
- длина волны лазерного излучения $\lambda = 0,82$ мкм;
- площадь входного зрачка $S = 4,5$ см²;
- квантовая эффективность приемника лазерного излучения $\eta = 0,8$.

Исходные данные по объекту разведки:

- $L_{к1} = L_{к2} = L_{к3} = L_{к4} = L_{к5} = 70$ дБ;
- $V_{к1} = 32$ дБ; $V_{к2} = 27$ дБ; $V_{к3} = 21$ дБ; $V_{к4} = 19$ дБ; $V_{к5} = 17$ дБ; $\rho_\lambda = 0,13$.

Исходные данные по условиям ведения разведки: $V_{ш1} = 20$ дБ; $V_{ш2} = 17$ дБ; $V_{ш3} = 11$ дБ; $V_{ш4} = 9$ дБ; $V_{ш5} = 7$ дБ; $D_H = 100$ м; $\theta = 0^\circ$; $S_M = 20$ км.

Допустимое значение словесной разборчивости $W_H \leq 0,1$. Если это условие не выполняется, то разработать мероприятия по активной и пассивной защите помещения (рассчитать требуемые значения уровней активной маскировки речевого сигнала по опасному разведнаправлению и предложить необходимые строительные и организационные меры).

На рис. 11.1 представлена зависимость коэффициента акустоэлектрического преобразования η телефонного аппарата (ТА) от частоты, полученная в процессе специальных исследований. Выходное сопротивление ТА $Z_{вых} = 20$ кОм на частоте 1000 Гц. Сопротивление линии телефонной связи – 600 Ом. Необходимо оценить уровень наведенного в линии телефонной связи сигнала за счет акустоэлектрического эффекта. При превышении наведенного сигнала порогового значения ($U_{пор} = 1$ мкВ, пороговое отношение «сигнал / шум» приемника разведки (–5) дБ) разработать меры по предотвращению утечки речевой информации по акустоэлектрическому каналу.

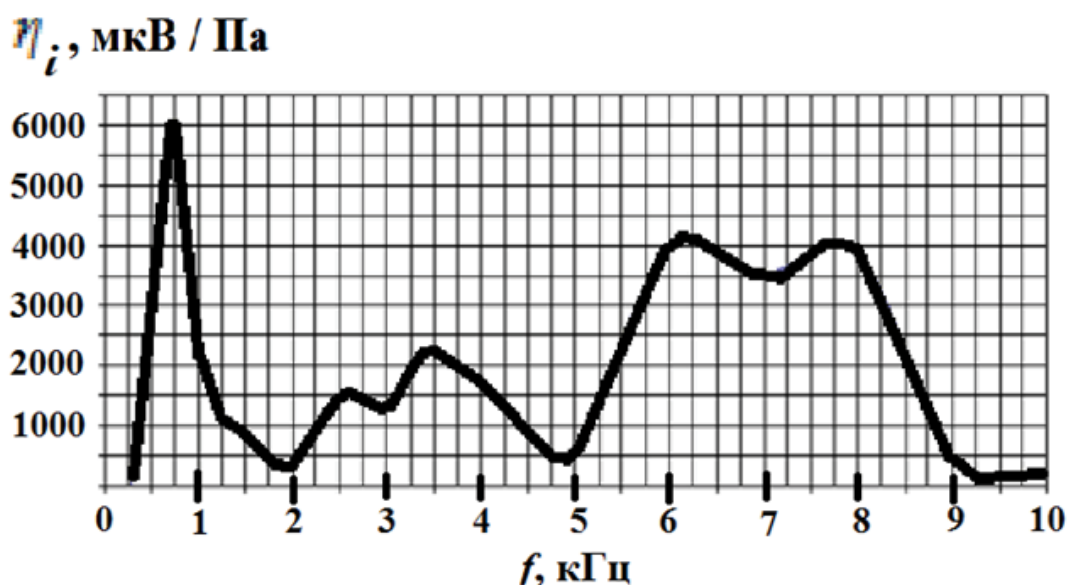


Рис. 11.1 АЧХ коэффициента акустоэлектрического преобразования

Задание № 12

Оценить возможности аппаратуры радиоразведки, установленной на разведывательном самолете, по обнаружению излучения наземной РЭС и перехвату телеметрического сообщения. Ниже приведены исходные данные.

Аппаратура разведки:

- чувствительность приемника $N_0 = (-195)$ дБ;
- коэффициент усиления антенны СТР $G_p = 40$ дБ;
- скорость полета самолета $V = 3000$ км/ч (полет осуществляется в направлении на РЭС).

Разведываемая РЭС:

- несущая частота $f = 100$ МГц;
- мощность передатчика (импульсная), подводимая к антенне, $P = 1000$ Вт;
- ширина спектра сигнала $\Delta f = 10$ МГц;
- коэффициент усиления антенны по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны $G_\phi = (-5)$ дБ (принять постоянным во всем ракурсе углов существования боковых лепестков);
- время работы РЭС на излучение $t = 6$ мин.

Условия ведения разведки:

- дальность по поверхности Земли между СТР и РЭС (начальная дальность ведения разведки) $D = 317$ км. Радиус Земли $R_z = 6371$ км;
- высота подъема антенны СТР $h_2 = 24$ км;
- высота подъема антенны РЭС $h_1 = 10$ м;
- затухание ЭМВ по трассе СТР – РЭС $Z = (-120)$ дБ;
- антенна РЭС ориентирована в направлении на СТР боковыми лепестками (принять уровень боковых лепестков постоянным по всем направлениям);
- уровень атмосферных шумов на входе приемника СТР $N_{ш} = (-180)$ дБ.

Допустимая вероятность обнаружения излучений РЭС $R_0 \leq 0,1$ при вероятности ложной тревоги $F = 10^{-3}$. Телеметрическое сообщение передается при

модуляции КИМ – ЧМ с основанием $i = 2$ и разрядностью $U = 6$. Допустимое значение вероятности ошибочного приема кодовых комбинаций $R_k \leq 0,2$. При превышении допустимых значений R_0 и R_k разработать мероприятия по предотвращению перехвата передаваемой информации.

Задание № 13

Провести анализ демаскирующих признаков и оценку защищенности помещения, в котором проводятся переговоры, подлежащие защите от технических разведок.

Исходные данные:

1. По аппаратуре СТР:

- для перехвата речевой информации направленным микрофоном (через окна помещения) – длина трубки остронаправленного микрофона $l = 1$ м;
- для перехвата речевой информации по другим возможным разведнаправлениям применяется ненаправленный микрофон;
- чувствительность приемника разведки для перехвата наведенных за счет акустоэлектрического эффекта в линиях связи сигналов принять равной $0,1$ мкВ (пороговое отношение «сигнал / шум» приемника разведки (-10) дБ).

2. По объекту разведки:

- уровень речевого сигнала в i -й октавной полосе
$$L_n = \{66; 66; 61; 56; 53\} \text{ дБ};$$
- объем помещения $V_n = 151,3 \text{ м}^3$;
- площадь окна $S_0 = 4 \text{ м}^2$, площадь двери $S_0 = 6 \text{ м}^2$;
- площадь глухой части ограждающих конструкций $S_l = 18 \text{ м}^2$;
- звукоизоляция ограждающих конструкций в i -й октавной полосе:
 - внешняя стена кирпичная (толщина – 2 кирпича) $Q = \{52; 59; 65; 70; 70\} \text{ дБ}$;
 - внутренние стены и перекрытия – железобетонные панели толщиной 40 мм с $Q = \{36; 35; 38; 47; 53\} \text{ дБ}$;

- звукоизоляция окна $Q_o = \{26; 28; 30; 28; 27\}$ дБ;
- звукоизоляция двери $Q_o = \{14; 16; 22; 22; 20\}$ дБ;
- эффективные коэффициенты акустоэлектрического преобразования:

– для телефонного аппарата $\eta_{ТА} = 3800$ мкВ/Па;

– для датчика охранной сигнализации $\eta_{оxp} = 2500$ мкВ/Па;

- выходное сопротивление на частоте 1000 Гц:

– для телефонного аппарата $Z_{ТА} = 30$ кОм;

– для датчика охранной сигнализации $Z_{оxp} = 40$ кОм;

Телефонный аппарат и датчик охранной сигнализации нагружены на симметричные линии с сопротивлением 600 Ом.

3. По условиям ведения разведки:

- октавные уровни акустического шума в месте возможного размещения приемника СТР:

улица – $L_{ш} = \{54; 49; 45; 42; 40\}$ дБ;

коридор – $L_{ш} = \{49; 44; 40; 37; 35\}$ дБ;

смежное помещение (при условии плотно закрытых окон) – $L_{ш} = \{39; 34; 30; 27; 25\}$ дБ;

- возможная дальность ведения разведки направленным микрофоном:

– $D_{н1} = 10$ м; $D_{н2} = 20$ м; $D_{н3} = 30$ м (при открытом окне);

– $D_{н1} = 1$ м; $D_{н2} = 10$ м (при закрытом окне).

Пороговое значение словесной разборчивости $W_{\max} \leq 0,1$. При получении оценок по словесной разборчивости $W > 0,1$ и по наведенным в линиях охранной сигнализации и телефонной связи напряжениям $U_n > U_{n\max}$ ($U_{n\max} = 0,1$ мкВ – чувствительность приемника разведки для перехвата наведенных за счет акустоэлектрического эффекта в линиях связи сигналов. Приемник может осуществлять прием сигналов при отношении «сигнал / шум» = (–10) дБ.)

необходимо разработать мероприятия по устранению возможного перехвата речевой информации техническими средствами разведки (для активной маскировки речевых сигналов рассчитать необходимые уровни маскирующего шума).

Задание № 14

Приемо-передающая аппаратура РЭС расположена в помещении размером 6×6 м на первом этаже одноэтажного здания. В помещении расположены одно окно (одинарное окно с силикатным стеклом толщиной 3 мм, размер окна 2×2 м), два воздуховода приточной и вытяжной вентиляций (размер окна воздуховода 20×30 см), входная дверь (стандартное полотно толщиной 40 мм с обивкой дермантином по минеральному войлоку, с уплотнительными прокладками по периметру, размер двери 1,5×2 м), система охранно-пожарной сигнализации (один инфракрасный объемный охранный извещатель, один оптико-электронный дымовой датчик пожарной сигнализации), телефонный аппарат ГАТС, компьютер. На расстоянии 50 м от окна расположено жилое здание. Внутренние стены и перекрытия – железобетонная панель толщиной 40 мм, внешняя стена – кирпичная кладка, оштукатуренная с двух сторон, толщиной 410 мм. Приемо-передающая аппаратура РЭС предназначена для передачи речевых сообщений, требующих проведения защитных мероприятий от их перехвата средствами технической разведки. Помещение расположено внутри контролируемой зоны (КЗ). Расстояние от окна помещения до границы КЗ – 5 м. Смежные помещения и коридор (ширина коридора 2 м) внешними ограждающими конструкциями проходят по границе КЗ. Антенна РЭС расположена на вышке на высоте 20 м.

Провести анализ демаскирующих признаков, выявить возможно опасные виды технических разведок и технические каналы утечки речевой информации. Оценить возможность перехвата речевой информации через закрытое окно с использованием аппаратуры оптико-электронной (лазерной) разведки и воз-

возможности аппаратуры радиоразведки, установленной на самолете иностранной авиакомпании, по обнаружению излучения наземной РЭС и перехвату речевого сообщения. Относительно линии «разрешенного коридора» полетов антенна РЭС ориентирована боковыми лепестками диаграммы направленности антенны.

Исходные данные по речевому сигналу в помещении и аппаратуре радиоразведки:

1. Аппаратура радиоразведки:

- чувствительность приемника $N_0 = (-195)$ дБ;
- коэффициент усиления антенны СТР на частоте 8 ГГц $G_p = 65$ дБ;
- ширина диаграммы направленности на частоте 8 ГГц – $0,1^\circ$;

2. Исходные данные по разведываемому РЭС и объекту разведки в целом:

- по разведываемому РЭС: мощность передатчика РЭС 10 Вт; несущая частота $f = 8$ ГГц; коэффициент усиления антенны по главному лепестку $G_m = 40$ дБ; ширина диаграммы направленности на частоте 8 ГГц – 1° ; коэффициент усиления антенны по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны $G_\phi = (-15)$ дБ (принять уровень боковых лепестков постоянным по всем направлениям); ширина спектра излучаемого сигнала $\Delta f_c = 0,03$ МГц; модуляция: ЧМ с $m_q = 0,5$;

- по объекту разведки (помещение): $L_{K1} = L_{K2} = L_{K3} = L_{K4} = L_{K5} = 70$ дБ; $V_{K1} = 32$ дБ; $V_{K2} = 27$ дБ; $V_{K3} = 21$ дБ; $V_{K4} = 19$ дБ; $V_{K5} = 17$ дБ; $\rho_\lambda = 0,13$;

- уровни звукового давления речевого сигнала в октавных полосах частот: $L_{H1} = 66$ дБ; $L_{H2} = 66$ дБ; $L_{H3} = 61$ дБ; $L_{H4} = 56$ дБ; $L_{H5} = 53$ дБ (интегральный уровень 70 дБ).

3. Исходные данные по аппаратуре оптико-электронной (лазерной) разведки:

- мощность непрерывного лазерного излучения $P_0 = 30 \cdot 10^{-3}$ Вт;
- длина волны лазерного излучения $\lambda = 0,82$ мкм;
- площадь входного зрачка $S = 4,5$ см²;
- квантовая эффективность приемника лазерного излучения $\eta = 0,8$.

4. Исходные данные по условиям ведения разведки:

$V_{ш1} = 20$ дБ; $V_{ш2} = 17$ дБ; $V_{ш3} = 11$ дБ; $V_{ш4} = 9$ дБ; $V_{ш5} = 7$ дБ; $D_n = 100$ м;
 $\theta = 0^\circ$; $S_m = 20$ км;

• дальность по поверхности Земли между СТР и РЭС (начальная дальность ведения разведки): $D = 317$ км. Радиус Земли $R_z = 6371$ км;

- высота подъема антенны СТР: $h_2 = 14$ км;
- высота подъема антенны РЭС: $h_1 = 20$ м;
- затухание ЭМВ по трассе СТР – РЭС $Z = (-120)$ дБ;
- антенна РЭС ориентирована в направлении СТР боковыми лепестками (принять уровень боковых лепестков постоянным по всем направлениям);
- уровень атмосферных шумов на входе приемника СТР $N_{ш} = (-180)$ дБ.

Допустимая вероятность обнаружения излучений РЭС $R_0 \leq 0,1$ при вероятности ложной тревоги $F = 10^{-3}$. Пороговое значение словесной разборчивости $W_{\max} \leq 0,1$. При получении оценок по словесной разборчивости $W > 0,1$ и по вероятности обнаружения излучений РЭС $R_0 > 0,1$ необходимо разработать мероприятия по устранению возможного перехвата речевой информации техническими средствами разведки (для активной маскировки речевых сигналов рассчитать необходимые уровни маскирующего шума).

Задание № 15

В помещении на компьютере обрабатывается информация, подлежащая обязательной защите от перехвата разведкой. Помещение расположено внутри контролируемой зоны с радиусом $R_{кз} = 10$ м. На удалении 300 м от помещения расположена УКВ вещательная радиостанция с выходной мощностью передатчика 100 Вт и рабочей частотой $f = 102,5$ МГц. Антенна передатчика расположена на вышке высотой 100 м и имеет КПД, равный 100 %.

При взаимодействии высокочастотного излучения радиостанции и импульсных сигналов, циркулирующих в компьютере, возможно возникновение канала утечки информации за счет ВЧ-облучения. В частности, возможно образование канала, по которому можно наблюдать за работой клавиатуры ЭВМ (соединительный кабель клавиатуры, имеющий длину 1 м, является антенной, на которую принимается высокочастотное излучение радиостанции; он же является и переизлучающей антенной промодулированного информативным сигналом высокочастотного излучения). Принятое высокочастотное колебание и импульсный сигнал клавиатуры взаимодействуют на нелинейном входном сопротивлении компаратора, имеющегося на входе обработчика сигналов клавиатуры компьютера. В результате такого взаимодействия возникает амплитудная модуляция принятой высокочастотной гармонической несущей импульсными сигналами клавиатуры и происходит ее переизлучение в пространство.

В задании необходимо провести анализ демаскирующих признаков объекта разведки, определить возможно опасные виды технических разведок, возможные технические каналы утечки информации. Оценить возможности потенциально опасных видов разведки по перехвату информации, циркулирующей в компьютере.

При оценке возможности перехвата информации по каналу ВЧ-облучения необходимо:

- рассчитать ЭДС, наведенную в соединительном кабеле клавиатуры;
- рассчитать коэффициент модуляции тока, создаваемого в антенне наве-

денной ЭДС из-за нелинейного характера входного сопротивления компаратора. Считать, что входная вольт-амперная характеристика компаратора аппроксимирована полиномом второй степени вида $i = a_0 + a_1 \cdot u + a_2 \cdot u^2$ при $a_0 = 1$ мА, $a_1 = 0,3$ мА/В, $a_2 = 0,1$ мА/В². Амплитуда импульсного напряжения (прямоугольные импульсы со скважностью 2) 5 В;

- рассчитать переизлучаемую мощность промодулированного колебания считая, что соединительный кабель является практически полуволновым вибратором с сопротивлением излучения 73 Ом, и ток в вибраторе равен

$$I = \text{ЭДС} / R_{\text{излучения}};$$

- определить дальность обнаружения переизлученного сигнала в открытом пространстве приемником с коэффициентом шума 3 дБ на антенну типа «полуволновый вибратор». Полоса пропускания приемника – 100 кГц. Пороговое отношение «сигнал / шум» равно 6 дБ (для боковых составляющих модулированного сигнала);

- если радиус обнаружения переизлученного сигнала окажется больше $R_{\text{кз}}$, то провести оценку возможности экранирования помещения для предотвращения утечки информации по каналу ВЧ-облучения. Определить необходимый коэффициент экранирующего действия, выбрать способ и материал для экранирования. Определить уровень маскирующего шума для активной защиты переизлученного сигнала.

Задание № 16

В помещении размером 6×6 м на компьютере обрабатывается информация, подлежащая обязательной защите от перехвата разведкой. Помещение расположено внутри контролируемой зоны с радиусом $R_{\text{кз}} = 10$ м. Кроме компьютера в помещении расположен телефонный аппарат ГАТС. При обработке информации на компьютере телефонный аппарат находится в режиме «положенной на рычаг трубки», и переговоры по телефонной связи запрещены.

Для получения разрешения на обработку информации на компьютере последний подвергнут лабораторным специальным исследованиям. Таким же исследованиям подвергнут и телефонный аппарат.

Результаты специальных исследований:

- напряженность электрического поля на расстоянии 1 м от монитора компьютера приведена в табл. 16.1;

Таблица 16.1

Зависимость напряженности электрического поля от частоты

f , МГц	40	150	300	700
$E_{c+ш}$, дБ	40	50	60	70
$E_{ш}$, дБ	5	10	30	15

- напряженность магнитного поля на расстоянии 1 м от монитора компьютера приведена в табл. 16.2;

Таблица 16.2

Зависимость напряженности магнитного поля от частоты

f , МГц	12,6	25,2
$H_{c+ш}$, дБ	16	11
$H_{ш}$, дБ	0	-6

- эффективный коэффициент преобразования напряженности электрического поля в наведенный сигнал в линии связи телефонного аппарата

$$\eta_{\text{эф. } E} = 10000 \text{ мкВ}/(\text{мкВ}/\text{м});$$

- эффективный коэффициент преобразования напряженности магнитного поля в наведенный сигнал в линии связи телефонного аппарата

$$\eta_{\text{эф. } H} = 18000 \text{ мкВ}/(\text{мкА}/\text{м}).$$

В задании необходимо провести анализ демаскирующих признаков объекта разведки, определить возможно опасные виды технических разведок, возможные технические каналы утечки информации. Оценить возможности потенциально опасных видов разведки по перехвату информации, циркулирующей в компьютере, определить зоны $R1$ (для допустимого расстояния размещения телефонного аппарата от компьютера) и $R2$. Если $R1$ превысит размеры помещения, а $R2$ превысит радиус контролируемой зоны, то необходимо разработать мероприятия по предотвращению возможной утечки информации (при применении активной маскировки информационного сигнала рассчитать требуемые значения маскирующего шума, если пороговое отношение «сигнал / шум» приемника разведки (-6) дБ).

Исходные данные:

- пороговое отношение «сигнал / шум» приемника разведки по перехвату сигналов компьютера принять равным 1;
- атмосферные шумы и промышленные помехи на входе приемника разведки отсутствуют;
- при обработке информации на компьютере телефонный аппарат подключен к линии связи (выходное сопротивление телефонного аппарата – 20 кОм, а волновое сопротивление линии связи – 600 Ом). Длина провода телефонного аппарата для подключения к линии связи – 1 м, и его можно считать полуволновым вибратором с сопротивлением излучения 73 Ом (ток в вибраторе равен $I = \text{ЭДС} / R_{\text{излучения}}$), т. е. возможно излучение наведенного в телефонном аппарате сигнала в свободное пространство.

Задание № 17

Предлагаются задания на выбор по интересующей студентов тематике.

Формирование заданий на выбор осуществляется преподавателем, читающим курс «Средства технических разведок», на основе выбранной студентами темы работы.

ЧАСТЬ 3

ПАРАМЕТРЫ И РАСЧЕТЫ СИГНАЛОВ В КАНАЛАХ РАДИОСВЯЗИ

Введение

В этой части представлен справочный материал по определению параметров сигналов в каналах радиосвязи, основные характеристики и параметры по акустической пассивной и активной защите речевой информации ограниченного распространения. Для решения задач курсовой работы в разделе приводятся основные алгоритмы и математические выражения для определения параметров пассивной и активной защиты речевой информации и параметров, определяющих возможности технической разведки по перехвату информации ограниченного распространения по радиоканалу и каналу ПЭМИН.

1. Формулы для расчета характеристик аналоговых и импульсных радиосигналов

Таблица 1

Формулы для расчета индекса модуляции и ширины спектра сигналов, используемых в каналах радиосвязи

Вид модуляции несущей частоты сигнала	Формула для расчета индекса модуляции несущей (поднесущей) частоты сигнала	Формула для расчета ширины спектра сигнала
1	2	3
Одноканальные системы радиосвязи с аналоговыми видами модуляции сообщений		
АМ	—	$2 \cdot 10^{-6} \Delta F_c$
ОМ	—	$10^{-6} \Delta F_c$
ФМ	$m_\phi = \Delta \Phi$	$2 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta F_c \cdot (m_\phi + 1)$
ЧМ	$m_\psi = f_d / \Delta F_c$	$2 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta F_c \cdot (m_\psi + 1)$

1	2	3
Многоканальные системы радиосвязи с аналоговыми видами модуляции сообщений		
АМ–АМ*	–	$4 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c$
АМ–ОМ	–	$2 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c$
АМ–ЧМ	$m_{\text{ч}} = f_{\text{д}} / \Delta F_c$	$4 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{ч}} + 1)$
ОМ–АМ	–	$2 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c$
ОМ–ОМ	–	$10^{-6} N \Delta F_c$
ОМ–ФМ	$m_{\text{ф}} = \Delta \Phi$	$2 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{ф}} + 1)$
ОМ–ЧМ	$m_{\text{ч}} = f_{\text{д}} / \Delta F_c$	$2 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{ч}} + 1)$
ФМ–АМ	$m_{\text{фп}} = \Delta \Phi_{\text{п}}$	$4 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{фп}} + 1)$
ФМ–ФМ	$m_{\text{ф}} = \Delta \Phi, m_{\text{фп}} = \Delta \Phi_{\text{п}}$	$4 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{фп}} + 1)(m_{\text{ф}} + 1)$
ФМ–ЧМ	$m_{\text{ч}}^{**} = f_{\text{д}} / f_{\text{к}}, m_{\text{ф}} = \Delta \Phi$	$4 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{ч}}^{***} + 1)(m_{\text{фп}} + 1)$
ЧМ–АМ	$m_{\text{чп}} = f_{\text{дп}} / \Delta F_c$	$4 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{чп}} + 1)$
ЧМ–ОМ	$m_{\text{чп}} = f_{\text{дп}} / \Delta F_c$	$2 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{чп}} + 1)$
ЧМ–ФМ	$m_{\text{чп}} = f_{\text{дп}} / \Delta F_c, m_{\text{ф}} = \Delta \Phi$	$4 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{чп}} + 1)(m_{\text{ф}} + 1)$
ЧМ–ЧМ	$m_{\text{чп}} = f_{\text{дп}} / \Delta F_c, m = f_{\text{д}} / f_{\text{к}}$	$4 \cdot 10^{-6} N \Delta F_c (m_{\text{чп}} + 1)(m_{\text{ч}} + 1)$
АИМ–АМ	–	$10^{-6} / \tau_{\text{и}}$
АИМ–ФМ	$m_{\text{ф}} = \Delta \Phi$	$10^{-6} (m_{\text{ч}} + 1) / \tau_{\text{и}}$
АИМ–ЧМ	$m_{\text{ч}} = f_{\text{д}} \cdot \tau_{\text{и}}$	$10^{-6} (m_{\text{ч}} + 1) / \tau_{\text{и}}$
ШИМ–АМ	$m_{\text{ч}} = f_{\text{д}} \cdot \tau_{\text{и}}$	$10^{-5} / T_{\text{к}}$
ШИМ–ФМ	$m_{\text{ф}} = \Delta \Phi$	$10^{-5} (m_{\text{ф}} + 1) / T_{\text{к}}$
ШИМ–ЧМ	$m_{\text{ч}} = f_{\text{д}} \cdot \tau_{\text{и}}$	$10^{-5} (m_{\text{ч}} + 1) / T_{\text{к}}$
ФИМ–АМ	$m_{\text{т}} = T_{\text{к}} / \tau_{\text{и}}$	$10^{-6} / \tau_{\text{и}}$
Системы радиосвязи с кодовыми (цифровыми) видами модуляции сообщений		
КИМ–АМ	$m_{\text{а}} = 1$	$10^{-6} / \tau_{\text{и}}$
КИМ–ФМ (ФКМ)	$m_{\text{ф}} = \Delta \Phi$	$10^{-6} / \tau_{\text{и}}$
КИМ–ЧМ	$m_{\text{ч}} = f_{\text{д}} \cdot \tau_{\text{и}}$	$10^{-6} (m_{\text{ч}} + 1) / T_{\text{к}}$

* В обозначении двойных видов модуляции первая аббревиатурная группа относится к способу модуляции поднесущей частоты (для аналоговых многоканальных систем) или к способу представления передаваемого сообщения (для цифровых систем), вторая группа – к способу модуляции (манипуляции) основной несущей частоты сигнала.

** При расчете $m_{\text{ч}}$ значение поднесущей частоты сигнала $f_{\text{к}}$ выбирается следующим образом:

– для сигналов без предискажений выбирается поднесущая частота того канала, для которого необходима оценка;

– для сигналов с предискажениями $f_k = \sqrt{f_{k \max} \cdot f_{k \min}}$ для всех каналов.

*** При расчете $m_{\text{ч}}$ для определения ширины спектра сигнала во всех случаях выбирается максимальная поднесущая $f_{k \max}$.

Условные обозначения, принятые в формулах:

- АМ – амплитудная модуляция (манипуляция);
- ОМ – однополосная модуляция;
- ФМ – фазовая модуляция (манипуляция);
- ЧМ – частотная модуляция (манипуляция);
- АИМ – амплитудно-импульсная модуляция;
- ШИМ – широтно-импульсная модуляция;
- ФИМ – фазово-импульсная (временная импульсная) модуляция;
- КИМ – кодово-импульсная модуляция;
- ФКМ – внутриимпульсная фазокодовая манипуляция;
- $\Delta F_{\text{с}}$ – ширина спектра передаваемого сообщения, Гц;
- N – число каналов в многоканальной системе радиосвязи;
- $f_{\text{д}}, f_{\text{дп}}$ – девиация несущей и поднесущей частот сигнала при ЧМ соответственно, Гц;
- $\Delta \Phi, \Delta \Phi_{\text{п}}$ – девиация фазы несущей и поднесущей частот сигнала при ФМ соответственно, рад;
- $f_{\text{к}}$ – поднесущая частота сигнала, Гц;
- $\tau_{\text{и}}$ – длительность импульса, с;
- $T_{\text{к}}$ – каналный интервал в многоканальной системе радиосвязи, с;
- $m_{\text{Фп}}$ – индекс ФМ поднесущей частоты сигнала;
- $m_{\text{чп}}$ – индекс ЧМ поднесущей частоты сигнала;
- $m_{\text{т}}$ – индекс ФИМ несущей частоты сигнала;
- $m_{\text{а}}$ – индекс АМ;
- $m_{\text{ф}}$ – индекс ФМ;
- $m_{\text{ч}}$ – индекс ЧМ;
- n – число дискрет в ФКМ сигнале.

Таблица 2

Формулы для расчета ширины спектра и длительности импульсных радиосигналов, используемых в радиолокации, в командных радиолиниях, в радионавигации и в системах радиосвязи с кодовыми (цифровыми) видами модуляции

Вид импульсного радиосигнала	Ширина спектра сигнала $\Delta f_{\text{с}}$, МГц	Длительность сигнала $T_{\text{с}}$, с
1	2	3
Немодулированный импульсный сигнал	$1 / \tau_{\text{и}}$	$\tau_{\text{и}}$
Импульсный сигнал с непрерывной частотной модуляцией (линейной или нелинейной)	$f_{\text{max}} - f_{\text{min}}$	$\tau_{\text{и}}$

1	2	3
Импульсный сигнал с фазоманипулированной кодовой последовательностью	$1 / \tau_0$	$\tau_0 N_k$
Импульсный сигнал с фазоманипулированной двоичной псевдослучайной последовательностью	$1/\tau_0$	$2^{N_n} - 1$
Импульсный сигнал с кодовой частотной модуляцией	N_f / τ_0	$N_f \tau_0$
Импульсный сигнал с кодовой частотной модуляцией и фазовой манипуляцией в пределах одного частотного интервала (элемента)	$N_0 N_f / \tau_0$	$N_f \tau_0$

Условные обозначения, принятые в формулах:

- f_{\min}, f_{\max} – минимальное и максимальное значения частоты модулированного импульса;
- $\tau_{\text{и}}$ – длительность немодулированного импульса;
- τ_0 – длительность элементарных импульсов, образующих сложный импульсный сигнал;
- N_k – число элементарных импульсов в кодовой комбинации;
- N_n – разрядность двоичной псевдослучайной последовательности;
- N_f – число дискретных частотных импульсов в кодовой комбинации;
- N_0 – число ФМ импульсов в пределах одного частотного интервала (элемента).

2. Акустическая речевая разведка (справочные данные и алгоритмы расчетов параметров защиты ОР)

Приведенный в данном разделе материал необходим для решения задач по акустической пассивной и активной защите речевой информации ограниченного распространения и основан на данных, приведенных в источнике [16].

**Разборчивость речи при перехвате информации средствами разведки
по прямому акустическому и виброакустическому каналам**

Место установки датчика акустической разведки	Вид принимаемого сигнала	Разборчивость слоговая, %	Разборчивость словесная, %
За окном на расстоянии 1,0...1,5 м от оконной рамы при закрытой форточке	Акустический	20–30	67–80
За окном на расстоянии 1,0...1,5 м от оконной рамы при открытой форточке	Акустический	70–80	97–98
На оконной раме или внешнем оконном стекле при закрытой форточке	Вибрационный	25–30	71–80
За дверью (без тамбура)	Акустический	50–70	91–97
За перегородкой из материалов типа гипсолит, асбестоцемент	Акустический	25–40	71–87
На перегородке из материалов типа гипсолит, асбестоцемент	Вибрационный	35–60	84–95
На железобетонной стене	Вибрационный	30–80	80–98
В воздуховоде (6–8 м от ввода)	Акустический	40–60	87–95

Таблица 4

Характеристики равноартикуляционных полос частотного диапазона речи при весовом коэффициенте полосы $k_i = 0,05$ для всех i -х полос ($i = \overline{1, 20}$)

Номер полосы	Частотные границы полосы $f_H \dots f_B$, Гц	Среднегеометрическая частота полосы f_i , Гц	Значение форматного параметра речи в полосе ΔA_i , дБ
1	100...420	200	20,0
2	420...570	500	13,0
3	570...710	650	12,0
4	710...865	800	11,0
5	865...1030	950	10,0
6	1030...1220	1125	9,5
7	1220...1410	1300	9,0
8	1410...1600	1500	8,0
9	1600...1780	1700	7,5
10	1780...1960	1875	7,1
11	1960...2140	2050	7,0
12	2140...2320	2225	6,5
13	2320...2550	2425	6,2
14	2550...2900	2725	6,0
15	2900...3300	3100	5,5
16	3300...3660	3500	5,2
17	3660...4050	3850	5,0
18	4050...5010	4500	4,6
19	5010...7250	6000	4,1
20	7250...10000	8500	4,0

Таблица 5

Характеристики октавных полос частотного диапазона речи

Номер полосы	Частотные границы полосы $f_H...f_B$, Гц	Среднегеометрическая полоса частоты f_i , Гц	Весовой коэффициент полосы, k_i	Значение формантного параметра речи в полосе ΔA_i , дБ
1	90...175	125	0,01	25
2	175...355	250	0,03	18
3	355...710	500	0,12	14
4	710...1400	1000	0,20	9
5	1400...2800	2000	0,30	6
6	2800...5600	4000	0,26	5
7	5600...11200	8000	0,07	4

Таблица 6

Уровни речевого сигнала L_{si} в октавных полосах

Номер полосы речевого сигнала	Типовые интегральные уровни речи L_s , измеренные на расстоянии 1 м от источника сигнала, дБ			
	$L_s = 64$ (тихая речь)	$L_s = 70$ (речь со средним уровнем)	$L_s = 76$ (громкая речь)	$L_s = 84$ (очень громкая речь, усиленная техническими средствами)
1	47	53	59	67
2	60	66	72	80
3	60	66	72	80
4	55	61	67	75
5	50	56	62	70
6	47	53	59	67
7	43	49	55	63

Таблица 7

Уровни речевого сигнала L_s в равноартикуляционных полосах

Номер полосы рече- вого сигна- ла	Типовые интегральные уровни речи L_s , измеренные на расстоянии 1 м от источника сигнала, дБ			
	$L_s = 64$ (тихая речь)	$L_s = 70$ (речь со сред- ним уровнем)	$L_s = 76$ (громкая речь)	$L_s = 84$ (очень громкая речь, усиленная техническими средствами)
1	62	68	74	82
2	56	62	68	76
3	53	59	65	73
4	51	57	63	71
5	49	55	61	69
6	48	54	60	68
7	46	52	58	66
8	44	50	56	64
9	43	49	55	63
10	42	48	54	62
11	41	47	53	61
12	40	46	52	60
13	40	46	52	60
14	41	47	53	61
15	40	46	52	60
16	39	45	51	59
17	38	44	50	58
18	41	47	53	61
19	42	48	54	62
20	41	47	53	61

Таблица 8

Звукоизоляция строительных конструкций

Но- мер п. п.	Элементы конструкций	Примечание	Звукоизоляция, дБ на октавных частотах				
			250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
1	Кирпичная кладка	0,5 кирпича	40	42	48	54	60
		1,0 кирпич	44	51	58	64	65
		1,5 кирпича	48	55	61	65	65
		2,0 кирпича	52	59	65	70	70
		2,5 кирпича	55	60	67	70	70
2	Кирпичная кладка	Без отверстий	38	49	57	59	52
		С не заделан- ными отвер- стиями для воздуховода	36	46	52	53	50
		С не заделан- ными отвер- стиями под электропро- водку	35	44	51	62	48
3	Железобе- тонная плита	100 мм	40	44	50	55	60
		160 мм	47	51	60	63	–
		200 мм	44	51	59	65	65
		300 мм	50	58	65	69	69
		400 мм	55	61	67	70	70
4	Межэтаж- ные пере- крытия из бетонных плит	Не заделан- ными щелями между пли- тами, сколот угол одной из плит	43	40	39	57	40

Таблица 9

Звукоизоляция оконных рам

№	Конструкция	Примечание	Звукоизоляция, дБ на октавных частотах				
			250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
1	Оконный блок с двойным переплетом, толщина стекла 3 мм, воздушный зазор 170 мм	Без прокладок	26	28	30	28	27
		С прокладками из пористой резины	33	36	38	38	38
2	Оконный блок с двойным переплетом, толщина стекла 4 мм	Воздушный зазор 100 мм с герметизацией притворов	35	39	47	46	52
		Воздушный зазор 200 мм с прокладками	36	41	47	49	55
		Воздушный зазор 300 мм с прокладками	39	43	47	51	55
3	Стеклопакет (толщина 98 мм)	с прокладками	40	42	45	48	50

Таблица 10

Звукоизоляция дверей

Номер п. п.	Конструкция	Примечание	Звукоизоляция, дБ на октавных частотах				
			250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
1	Обыкновенная филенчатая дверь	Без прокладок	14	16	22	22	20
		С прокладками	19	23	30	33	32
2	Глухая щитовая дверь толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм	Без прокладок	23	24	24	24	23
		С прокладками	27	32	35	34	35

Таблица 11

**Значения отношений «сигнал / шум», при которых обеспечивается
требуемая эффективность защиты акустической (речевой) информации**

Вид помехи	Словесная разборчивость W , %	Отношение «сигнал / шум» q_i в октавных полосах со среднегеометрическими частотами					Отношение «с / ш» (дБ) в полосе частот 175–5600 Гц
		250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	
«Белый» шум	20	+0,8	–2,2	–10,7	–18,2	–24,7	–10,0
	30	+3,1	+0,1	–8,4	–15,9	–22,4	–7,7
	40	+5,1	+2,1	–6,4	–13,9	–20,4	–5,7
«Розовый» шум	20	–5,9	–5,9	–11,4	–15,9	–19,4	–8,8
	30	–3,7	–3,7	–9,2	–13,7	–17,2	–6,7
	40	–1,9	–1,9	–7,4	–11,9	–15,4	–4,9
Шум со спадом спектральной плотности 6 дБ на октаву	20	–14,1	–11,1	–13,6	–15,1	–15,6	–13,0
	30	–12,0	–9,0	–11,5	–13,0	–13,5	–10,8
	40	–10,0	–7,2	–9,7	–11,2	–11,7	–9,0
Шумовая «речеподобная» помеха	20	–3,9	–7,9	–12,9	–15,9	–16,9	–9,0
	30	–1,7	–5,7	–10,7	–13,7	–14,7	–6,8
	40	+0,1	–3,9	–8,9	–11,9	–12,9	–5,0

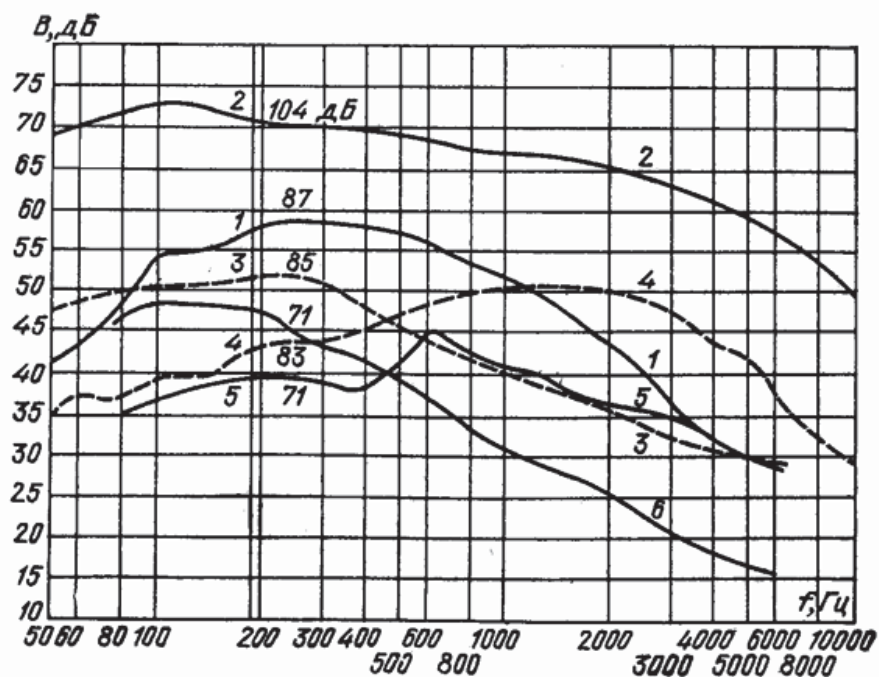


Рис. 1. Частотные зависимости спектрального уровня акустических шумов:

- 1 – шумы на стадионе во время футбольного матча;
 2 – тракторные шумы без глушителя; 3 – транспортные шумы;
 4 – шумы на демонстрации; 5 – разговорные шумы; 6 – речевые шумы на открытом воздухе

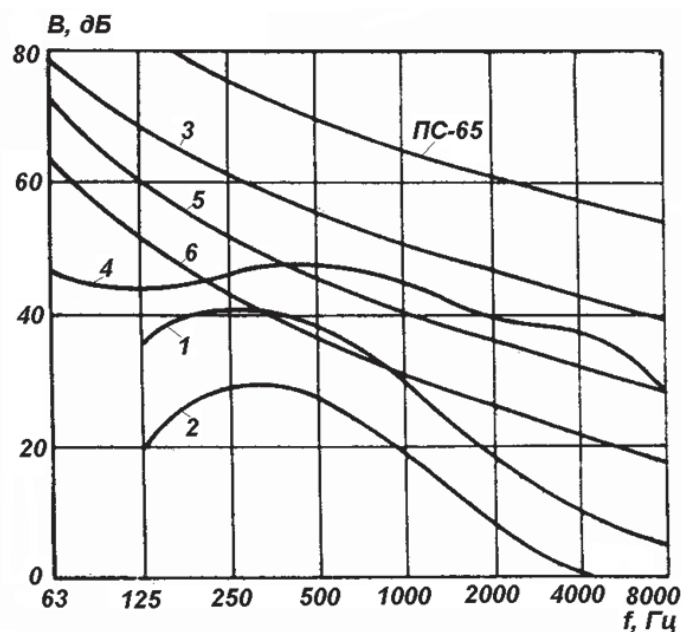


Рис. 2. Спектральные уровни шумов в помещениях:

- 1 – речевой шум в большом помещении; 2 – речевой шум в жилой комнате;
 3 – шум в цехе сортировки посылок; 4 – шум в стативном зале АТС;
 5 – шум в цехе обработки периодической печати; 6 – шум в операционном зале;
 ПС-65 – предельный спектр (санитарная норма) для АТС

2. Акустическая речевая разведка (справочные данные и алгоритмы расчетов параметров защиты ОР)

2.1. Определение эффективного значения коэффициента акустоэлектрического преобразования

Исходными данными для определения эффективного значения коэффициента акустоэлектрического преобразования служат спектрограммы входных и выходных процессов исследуемого акустоэлектрического преобразователя (АЭП), снятые в полосе частот от 300 Гц до 10000 Гц. К ним относят:

– входной процесс P :

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_k, p_{k+1}, \dots, p_M\}, \quad (2.1.1)$$

где $p_1, p_2, \dots, p_k, p_{k+1}, \dots, p_M$ – измеренные значения спектральных составляющих звукового давления P [Па] тестового сигнала в месте установки исследуемого АЭП на частотах $\{f_1, f_2, \dots, f_k, f_{k+1}, \dots, f_M\}, f_1 = 300$ Гц, $f_M = 10000$ Гц;

– выходной процесс Y , представляющий собой аддитивную смесь выходного сигнала S с шумом N на выходе АЭП при входном воздействии (2.1.1)

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_k, y_{k+1}, \dots, y_M\}, \quad (2.1.2)$$

где $y_k, k = \overline{1, M}$ – k -я спектральная составляющая аддитивной смеси выходного сигнала S с шумом N на выходе АЭП, находящегося в режиме «холостого хода» (без подключения нагрузки);

– спектрограмма выходного шума N на выходе АЭП, находящегося в режиме «холостого хода» (при выключенном входном воздействии (2.1.1))

$$N = \{n_1, n_2, \dots, n_k, n_{k+1}, \dots, n_M\}, \quad (2.1.3)$$

где $n_k, k = \overline{1, M}$ – k -я спектральная составляющая шума на выходе АЭП при выключенном входном воздействии (2.1.1).

На основе полученных при измерениях спектрограмм формируют спектрограмму «чистого» сигнала S на выходе АЭП, находящегося в режиме «холостого хода»:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_k, s_{k+1}, \dots, s_M\}, \quad (2.1.4)$$

где $s_k = \sqrt{y_k^2 - n_k^2}$, $k = \overline{1, M}$ – k -я спектральная составляющая выходного сигнала S .

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) АЭП $\eta = \eta(f)$ формируется на основе выражений (2.1.1) и (2.1.4) и имеет вид

$$\eta = \{ \eta_1, \eta_2, \dots, \eta_k, \eta_{k+1}, \dots, \eta_M \}, \quad (2.1.5)$$

где $\eta_k = \frac{s_k}{p_k}$ [мкВ/Па], $k = \overline{1, M}$ – k -я спектральная составляющая коэффициента акустоэлектрического преобразования $\eta_k = \eta(f_k)$.

Необходимость в определении эффективного коэффициента акустоэлектрического преобразования $\eta_{\text{э}}$ связана со сложностью измерения его фазо-частотной характеристики (ФЧХ). Для его определения из (2.1.5) необходимо выделить L некоррелированных отсчетов η_i , $i = \overline{1, L}$. Нахождение некоррелированных отсчетов η_i и расчет эффективного коэффициента акустоэлектрического преобразования $\eta_{\text{э}}$ связаны с выполнением следующих процедур.

– По виду АЧХ определяют наличие существенных локальных максимумов в полосе частот от 300 Гц до 3400 Гц и от 3400 Гц до 10000 Гц. Если в полосе частот от 3400 Гц до 10000 Гц локальные максимумы АЧХ составляют менее 20 % от соответствующих максимальных значений η_i в полосе частот от 300 Гц до 3400 Гц, то за полосу анализа принимают полосу $\Delta F_1 = F_{\text{в1}} - F_{\text{н1}}$, где $F_{\text{в1}} = 3400$ Гц, $F_{\text{н1}} = 300$ Гц. В противном случае принимается полоса анализа $\Delta F_2 = F_{\text{в2}} - F_{\text{н1}}$, где $F_{\text{в2}} = 10000$ Гц, $F_{\text{н1}} = 300$ Гц. Для выбранных частотных полос анализа рассчитывается нормированная автокорреляционная функция (АКФ) по частоте. По ширине главного лепестка АКФ (нули нормированной АКФ) определяется интервал корреляции по частоте Δf , задающий шаг по частоте для получения совокупности некоррелированных выборок АЧХ η_i . Число

некоррелированных выборок при найденных значениях ΔF и Δf рассчитывается согласно выражению

$$L \geq 2 \cdot \frac{\Delta F}{\Delta f} + 1. \quad (2.1.6)$$

Описанная процедура справедлива как для входных сигналов (2.1.1) в виде стационарного случайного процесса (например, полосовой «белый» шум), так и для детерминированных входных сигналов (например, совокупность гармонических колебаний вида $p_k = p_{k\max} \cdot \sin(2\pi \cdot f_k \cdot t)$). Для детерминированных входных сигналов вышеописанная процедура может быть упрощена. Вместо нахождения АКФ АЭП по графику, построенному на основе зависимости (2.1.5), в анализируемой частотной полосе выбирают наиболее узкий выброс зависимости $\eta_k = \eta(f_k)$. Разность частот между минимальными значениями найденного выброса определяет интервал корреляции по частоте Δf , а число некоррелированных выборок определяется выражением (2.1.6).

– Определение эффективного коэффициента акустоэлектрического преобразования $\eta_{\text{э}}$ связано с оценкой уязвимости акустоэлектрического канала утечки речевой информации, что накладывает дополнительные требования по учету вида спектра речевого сигнала. Такой учет может быть осуществлен при формировании тестового входного сигнала (2.1.1), однако более просто можно учесть особенности спектра речевого сигнала при определении эффективного коэффициента акустоэлектрического преобразования расчетным способом.

Для характеристики интенсивности речи обычно пользуются понятием *спектрального уровня речи*, который определяется выражением

$$B_p = 10 \cdot \lg \left(\frac{I_1}{I_0} \right),$$

где I_1 – интенсивность, отнесенная к полосе частот шириной 1 Гц;

$I_0 = 10^{-12}$ (Вт/м²) – интенсивность, соответствующая абсолютному нулевому уровню.

Так как $I_1 / I_0 = (P_1 / P_{\text{ПР}})^2$, то

$$B_p = 20 \cdot \lg \left(\frac{P_1}{P_{\text{пр}}} \right),$$

где P_1 – звуковое давление, отнесенное к полосе шириной 1 Гц, Па; $P_{\text{пр}}$ – звуковое давление, соответствующее абсолютному нулевому уровню ($2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Спектр речи – зависимость среднего, в течение длительного времени наблюдения, спектрального уровня речи от частоты: $B_p(f)$. Спектр русской речи, усредненный для мужских и женских голосов, представлен на рис. 3, приведенном из источников [2; 5]. Как следует из рис. 3, основная энергия в спектре речи сосредоточена в области низких частот. Если рассматривать отдельно спектры мужских и женских голосов, то в спектре мужских максимум незначительно сместится в область низких частот, в спектре женских – в область высоких частот.

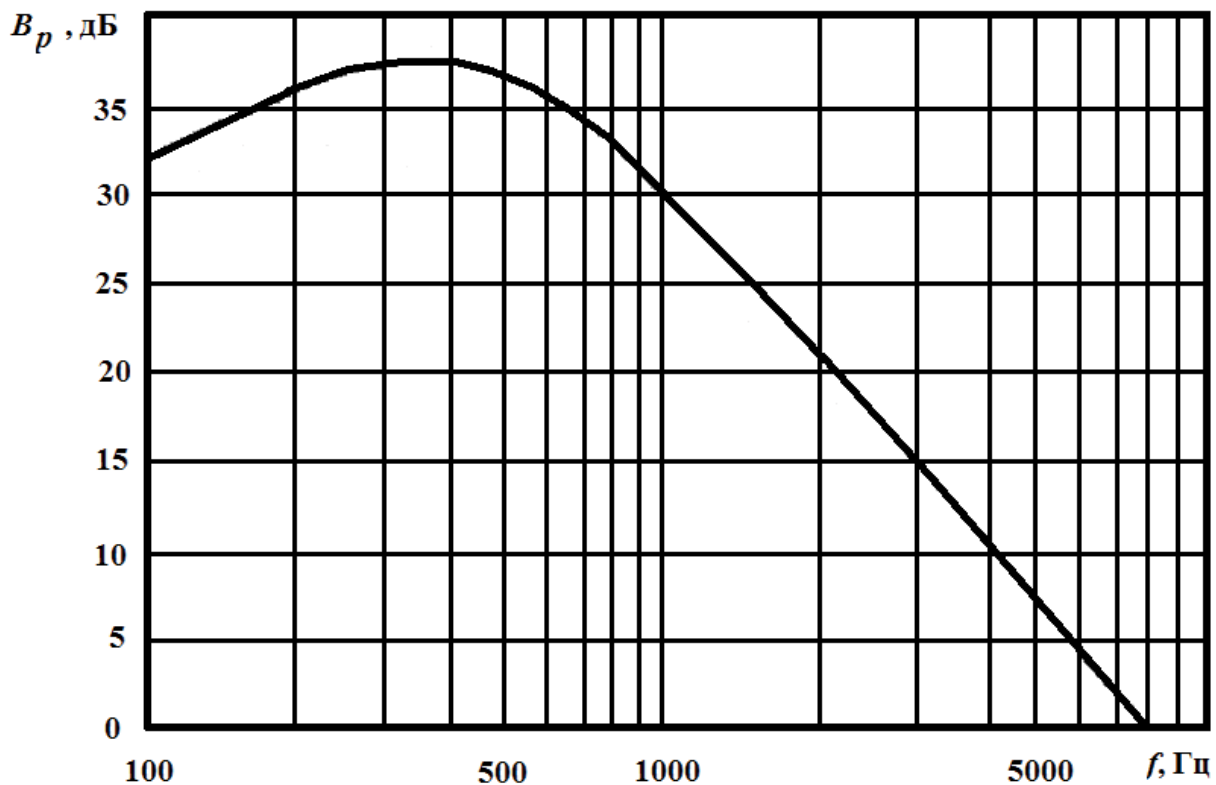


Рис. 3. Усредненный спектр русской речи

Для учета особенностей спектра речевого сигнала при определении эффективного коэффициента акустоэлектрического преобразования удобно пользо-

ваться весовыми коэффициентами спектра русской речи k_i , зависимость которых от частоты представлена на рис. 4. С учетом этих коэффициентов эффективный коэффициент акустоэлектрического преобразования определится выражением

$$\eta_{\Theta} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^L (k_i \cdot \eta_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^L k_i^2}}. \quad (\text{П. 3.1.7})$$

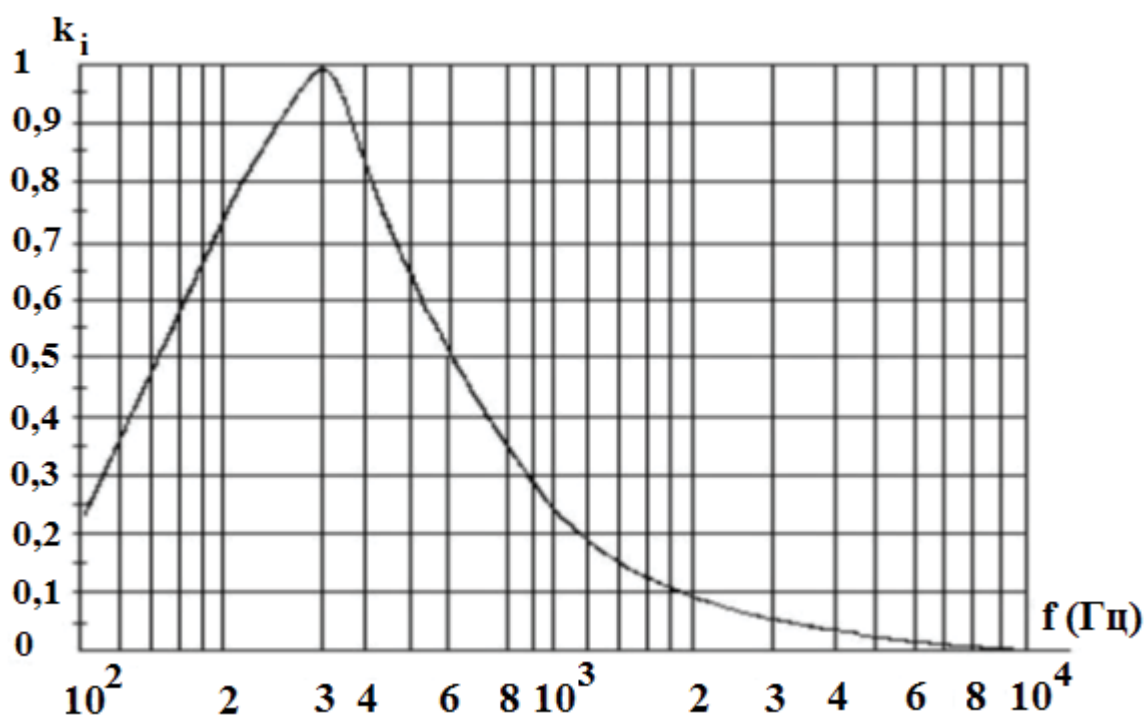


Рис. 4. Зависимость весовых коэффициентов спектра русской речи от частоты

2.2. Оценка уязвимости акустоэлектрического канала утечки речевой информации

Для оценки уязвимости акустоэлектрического канала утечки речевой информации могут быть применены два критерия.

– Сравнение величины эффективного значения напряжения наведенного в линии связи сигнала $U_{\text{эф}}$ с пороговым значением напряжения ε_0 для рассматриваемого вида линии связи:

$$U_{\text{эф}} \leq \varepsilon_0. \quad (2.2.1)$$

Если условие (2.2.1) не выполняется, то анализируемый канал утечки информации считают потенциально опасным и требуется проведение мероприятий по предотвращению возможного перехвата речевой информации техническими средствами разведки.

Для определения величины эффективного значения напряжения наведенного в линии связи сигнала $U_{\text{эф}}$ необходимы следующие данные: значение модуля выходного сопротивления исследуемого АЭП $Z_{\text{АЭП}}$ и значение модуля сопротивления линии связи $Z_{\text{ЛС}}$. Значение модуля выходного сопротивления исследуемого АЭП определяется экспериментальным путем, а значение модуля сопротивления конкретного вида линии связи берут из соответствующей справочной литературы. Для известных $Z_{\text{АЭП}}$ и $Z_{\text{ЛС}}$ расчет эффективного значения напряжения наведенного в линии связи сигнала $U_{\text{эф}}$ проводят в соответствии с выражением:

$$U_{\text{эф}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{эф}} \cdot Z_{\text{ЛС}}}{Z_{\text{АЭП}} + Z_{\text{ЛС}}}, \quad (2.2.2)$$

где $P_{\text{н}}$ – нормированная величина акустического давления в месте установки исследуемого АЭП (для помещений без систем звукоусиления: $P_{\text{н}} = 0,063$ Па ($L_{\text{н}} = 70$ дБ), для помещений с применением систем звукоусиления: $P_{\text{н}} = 0,32$ Па ($L_{\text{н}} = 84$ дБ)).

– Второй критерий связан с определением отношения «сигнал / шум» δ в линии связи для анализируемой полосы частот и сравнением его с допустимым отношением «сигнал / шум» δ_0 , вычисленным [17] в соответствии с выражением:

$$\delta_0 = \frac{3,2 + \Phi^{-1}(W_0)}{3,16 - \Phi^{-1}(W_0)}, \quad (2.2.3)$$

где $\Phi^{-1}(W_0)$ – обратная функция интеграла вероятности $\Phi(\delta)$; W_0 – предельно допустимое значение вероятности правильного обнаружения сигнала средством разведки.

Расчет отношения «сигнал / шум» δ в линии связи для анализируемой полосы частот проводится в соответствии с выражением:

$$\delta = \frac{U_{\text{эф}}}{N_{\text{эф}}}, \quad N_{\text{эф}} = \sqrt{\sum_{i=1}^L n_i^2} \cdot \frac{Z_{\text{ЛС}}}{Z_{\text{АЭП}} + Z_{\text{ЛС}}}, \quad i = \overline{1, L}, \quad (2.2.4)$$

где $N_{\text{эф}}$ – эффективное значение шума в анализируемой полосе частот;

n_i – некоррелированные выборки шума, взятые из спектрограммы (2.1.3).

Акустоэлектрический канал считается неуязвимым (защищенным от перехвата речевой информации средствами технической разведки), если $\delta \leq \delta_0$. В противном случае необходимо принять меры по его защите от средств технической разведки.

2.3. Защита акустоэлектрического канала утечки речевой информации от средств технической разведки

Мероприятия по защите акустоэлектрического канала утечки речевой информации от средств технической разведки можно разбить на три группы: организационные, технические пассивные и технические активные.

Организационные мероприятия связаны с процедурой устранения потенциально опасного акустоэлектрического канала утечки речевой информации на время проведения конфиденциальных переговоров, т. е. с отключением АЭП от линии, выходящей за пределы контролируемой зоны.

Технические пассивные мероприятия связаны с уменьшением величины акустического давления в месте установки АЭП до значения $P_{\text{ТР}}$, когда эффективное значение наведенного в линии сигнала (2.2.2) соответствует неравенству (2.2.1). Это обеспечивается расположением защищаемого АЭП в звуко-экранирующей камере с коэффициентом звукоизоляции, определяемым выражением:

$$Q \geq L_{\text{Н}} - L_{\text{ТР}}, \text{ где } L_{\text{Н}} = 20 \cdot \lg \frac{P_{\text{Н}}}{P_{\text{ПР}}}, \quad L_{\text{ТР}} = 20 \cdot \lg \frac{P_{\text{ТР}}}{P_{\text{ПР}}}, \quad P_{\text{ПР}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ (Па)}. \quad (2.3.1)$$

Технические активные мероприятия связаны с уменьшением величины отношения «сигнал / шум» (2.2.4) до значения, не превышающего δ_0 , вычисленного в соответствии с выражением (2.2.4). В этом случае эффективное значение маскирующего шума $N_{\text{м.эфф}}$ при линейном зашумлении линии связи определится выражением:

$$N_{\text{м.эфф}} \geq \frac{\sqrt{U_{\text{эф}}^2 - \delta_0^2 \cdot N_{\text{эф}}^2}}{\delta_0}. \quad (2.3.2)$$

Оценки, получаемые с помощью выражений (2.2.4) и (2.3.2), являются завышенными, т. к. не учитывается действие собственных шумов линий связи. Учет этих шумов может быть проведен по процедуре, описанной в источнике [17].

Следует отметить, что все результаты по анализу и защите акустоэлектрического канала утечки речевой информации справедливы для акусто-магнитного и магнитно-электрического каналов утечки с учетом особенностей формирования последних. Анализ таких каналов основан на инструментально-расчетном методе и подробно изложен в источниках [1; 7].

2.4. Расчет минимального уровня маскировки шумовым сигналом конфиденциальной речевой информации

Оценка возможности перехвата конфиденциальной речевой информации, циркулирующей в защищаемых помещениях, средствами технической разведки

по акустическому и вибрационному техническим каналам утечки осуществляется по методике, разработанной и утвержденной Федеральной службой технического и экспертного контроля (ФСТЭК) России («Временная методика оценки защищенности помещений от утечки речевой конфиденциальной информации по акустическому и виброакустическому каналам». Утверждена Первым заместителем Председателя Гостехкомиссии (ФСТЭК) России 8 ноября 2001 г.).

Методика основана на проведении измерений коэффициентов звукоизоляции Q_i (коэффициентов акусто-виброизоляции G_i) в октавных полосах со среднегеометрическими значениями частот 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц (i – соответствующий номер октавной полосы). Измеренные значения Q_i (G_i) сравнивают с нормированными значениями Q_{iH} (G_{iH}). Если хотя бы одно из значений Q_i (G_i) будет меньше соответствующих нормированных значений, то данное разведнаправление считается опасным и необходимо провести мероприятия по предотвращению возможности перехвата речевой информации технической разведкой. Наиболее оперативным и экономичным способом решения этой задачи является активная маскировка речевого сигнала низкочастотным отрезком белого шума. В методике указывается возможность предотвращения перехвата речевой информации средствами технической разведки, путем маскировки речевых сигналов, выходящих за границы контролируемой зоны, специально сформированным шумом. Однако не приводится алгоритм определения минимально необходимого уровня интенсивности маскирующего шума.

Для определения минимально необходимого уровня интенсивности маскирующего шума рассмотрим структуру (рис. 5), отображающую акустический (вибрационный) канал утечки речевой информации.

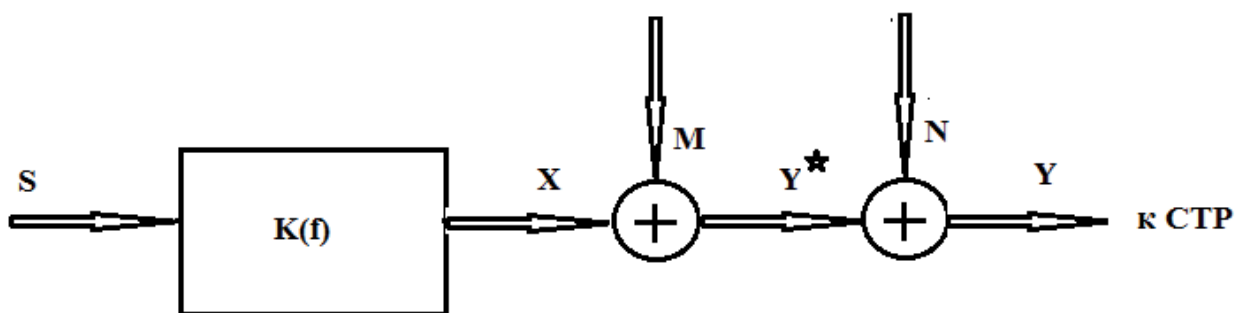


Рис. 5. Структурная схема перехвата сигнала СТР
по акустическому (вибрационному) каналу:

S – тестовый акустический (вибрационный) сигнал; Y^* – аддитивная смесь выходного сигнала X с маскирующим шумом M ; Y – аддитивная смесь выходного сигнала X с маскирующим шумом M и внешним шумом N ; $K(f)$ – коэффициент звукопроводности (акусто-вибропроводности) преграды в зависимости от частоты f тестового сигнала; СТР – средство технической разведки

По методике, утвержденной ФСТЭК России, процедуры измерений и оценок по акустическому и вибрационному каналам утечки речевой информации одинаковы, поэтому ниже рассмотрен только акустический канал безотносительно к октавным полосам.

1. Маскирующий шум отсутствует ($M = 0$), на выходе схемы (рис. 5) действует аддитивная смесь выходного сигнала X с внешним (фоновым) шумом N :

$Y = \sqrt{X^2 + N^2}$. Измерению шумомером подлежат логарифмические уровни:

– тестового акустического сигнала $L_{Si} = 20 \cdot \lg \frac{S}{P_0}$, где

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ (Па) – порог слышимости по акустическому давлению;

– аддитивной смеси выходного сигнала с внешним (фоновым) шумом

$$L_{Yi} = 20 \cdot \lg \frac{Y_i}{P_0};$$

– внешнего акустического шума $L_{Ni} = 20 \cdot \lg \frac{N_i}{P_0}$, $i = \overline{1, 5}$.

По результатам измерений определяют выходной сигнал X_i и его логарифмический уровень L_{Xi} :

$$X_i = \sqrt{Y_i^2 - N_i^2} = S_i \cdot K(f_i), \quad (2.4.1)$$

$$L_{Xi} = 20 \cdot \lg \frac{X_i}{P_0}. \quad (2.4.2)$$

По полученным данным находят фактические октавные коэффициенты звукоизоляции (виброизоляции) и сравнивают их с соответствующими нормированными коэффициентами по следующей процедуре:

$$\{Q_i(G_i) = L_{Si} - L_{Xi}(V_{Xi})\}_{i=1,5}, \quad (2.4.3)$$

где L_{Xi} – логарифмический уровень акустического сигнала X_i , V_{Xi} – логарифмический уровень вибрационного сигнала X_i .

Если хотя бы одно из $Q_i(G_i)$ будет меньше соответствующих $Q_{in}(G_{in})$, то исследуемый канал требует проведения защитных мероприятий. Как указывалось выше, наиболее оперативным и экономичным способом решения этой задачи является активная маскировка речевого сигнала низкочастотным отрезком белого шума.

2. Рассмотрим случай, когда требования защищенности помещения не выполняются, то есть

$$Q_{in}(G_{in}) - Q_i(G_i) = \Delta Q_i(\Delta G_i), \quad (2.4.4)$$

где $\Delta Q_i(\Delta G_i)$ – дефицит звукоизоляции (виброизоляции) в i -й октавной полосе частот. Задача активной маскировки заключается в задании такого минимального уровня маскирующего сигнала L_{Mi} , при котором $\Delta Q_i(\Delta G_i) \leq 0$, $Q_i(G_i) \geq Q_{in}(G_{in})$. Физически этого можно достичь только ар-

хитектурно-строительными мерами, поэтому введем понятие «эквивалентного» коэффициента звукоизоляции (виброизоляции):

$$Q_{i \text{ экв}}(G_{i \text{ экв}}) = Q_{iH}(G_{iH}) = Q_i(G_i) + \Delta Q_i(\Delta G_i). \quad (2.4.5)$$

Для выполнения условия (2.4.5) сформируем в разведопасном направлении активную шумовую помеху M . Такая помеха отличается от внешнего фонового шума относительной стабильностью интенсивности ее формирования на протяжении всего времени жизненного цикла речевого сигнала, что позволяет ввести понятие «эквивалентного» коэффициента звукоизоляции (виброизоляции). Запишем отношения «сигнал / шум» в кинематической форме для двух значений активной шумовой помехи $M = 0$ и $M \neq 0$.

$$\text{При } M = 0: \Delta_i = \frac{S_i \cdot K(f_i)}{N_i}, \text{ при } M \neq 0: \Delta_{Mi} = \frac{S_i \cdot K(f_i)}{\sqrt{N_i^2 + M_i^2}},$$

где Δ_i, Δ_{Mi} – октавные отношения «сигнал / шум» при отсутствии активной маскирующей помехи и при наличии активной шумовой помехи соответственно.

Запишем отношение вида

$$\frac{\Delta_i}{\Delta_{Mi}} = \sqrt{1 + \frac{M_i^2}{N_i^2}} = \delta q_i, \quad (2.4.6)$$

где

$$q_i = 10^{0,05 \cdot Q_i(G_i)}, \quad \delta q_i = 10^{0,05 \cdot \Delta Q_i(\Delta G_i)}. \quad (2.4.7)$$

Из выражения (2.4.6) кинематический параметр маскирующей помехи, обеспечивающий равенство (2.4.5) имеет вид:

$$M_i = N_i \cdot \sqrt{\frac{\Delta_i^2}{\Delta_{Mi}^2} - 1} = N_i \cdot \sqrt{\delta q_i^2 - 1} \quad (2.4.8)$$

или минимально необходимый уровень интенсивности маскирующей помехи определится выражением:

$$L_{Mi}(V_{Mi}) = L_{Ni}(V_{Ni}) + 10 \cdot \lg \left[\frac{10^{0,1 \cdot (L_{Si} - Q_i(G_i) - L_{Ni}(V_{Ni}))}}{10^{0,1 \cdot (L_{Si} - Q_{in}(G_{in}) - L_{Ni}(V_{Ni}))}} - 1 \right]$$

или

$$L_{Mi}(V_{Mi}) = L_{Ni}(V_{Ni}) + 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot \Delta Q_i(\Delta G_i)} - 1).$$

Настройка генератора маскирующей акустической (вибрационной) помехи осуществляется так, чтобы выполнялось неравенство:

$$L_{Mi \text{ ИЗМ}}(V_{Mi \text{ ИЗМ}}) \geq L_{Mi}(V_{Mi}). \quad (2.4.9)$$

При выполнении условия (2.4.9) акустический (вибрационный) канал утечки речевой информации считается защищенным от перехвата средствами технической разведки.

3. Определение уровня атмосферных шумов, действующих на сигнал

Зависимость уровня атмосферных шумов, действующих на сигнал, в диапазоне несущих частот сигнала приведена на рис. 6. Представленная зависимость позволяет находить отношение «сигнал / шум» на входе приемника технической разведки при воздействии на сигнал внешних шумов и решать задачи по определению возможностей технической разведкой по извлечению информации, циркулирующей на объекте информатизации, в радиочастотном диапазоне длин волн.

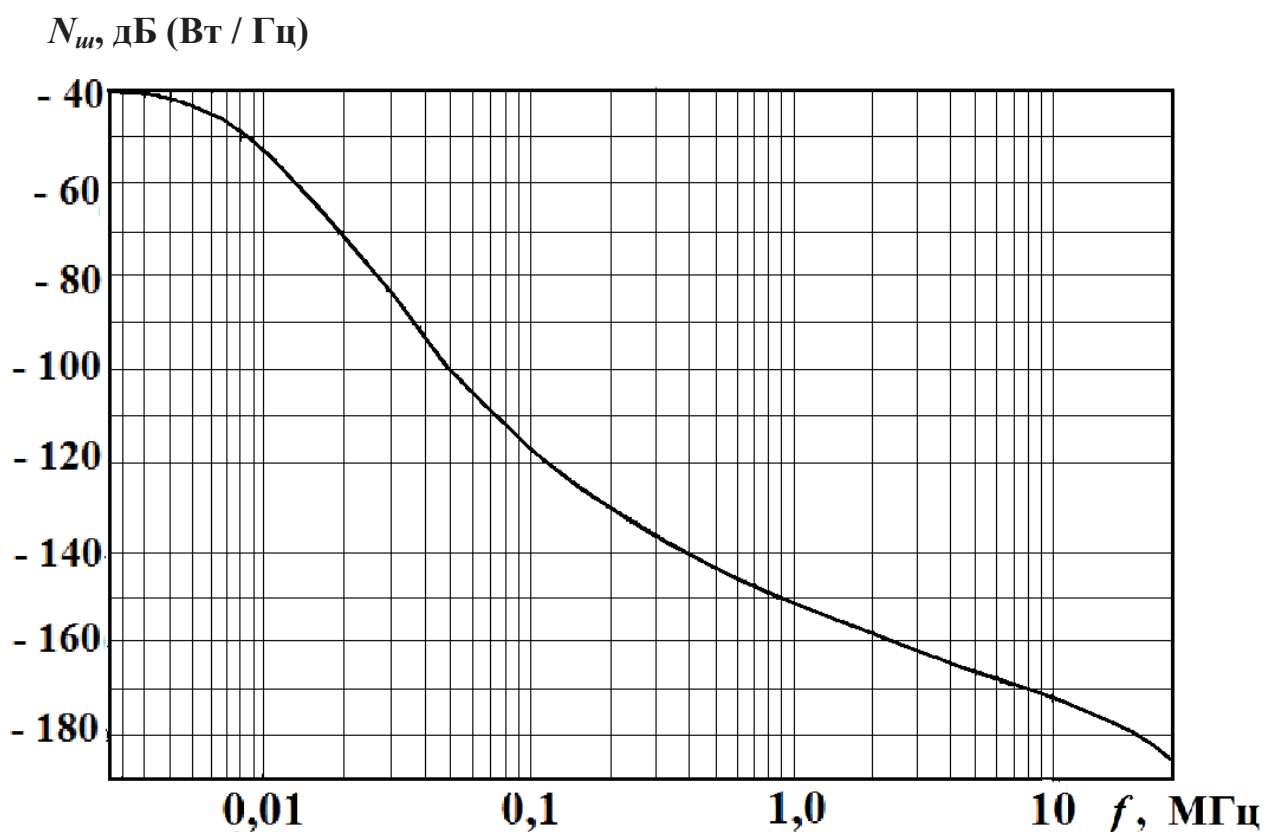


Рис. 6. Зависимость уровня атмосферных шумов от несущей частоты сигнала

4. Расчет ослабления радиосигнала в диапазоне несущих частот 0,03...100 ГГц

В разделе рассматривается определение ослабления радиосигнала на трассе «РЭС – средство РРТР» для условий прямого, тропосферного и ионосферного распространения радиоволн без учета реального рельефа земной поверхности. Вопросы тропосферного и ионосферного распространения радиоволн сравнительно полно рассмотрены в источниках [11; 18]. Материалы этих изданий и соответствующие методики, разработанные ФСТЭК России и адаптированные к данному учебному пособию, положены в основу материала, излагаемого ниже. В данном разделе условия прямого распространения радиоволн учитываются для радиосигналов с несущими частотами 0,03...100 ГГц и применяются для оценок ослабления радиосигнала на протяженных трассах «РЭС – средство РРТР» (наземных, воздушных, космических). Условия тропосферного распро-

странения радиоволн учитываются для радиосигналов с несущими частотами в диапазоне 0,03...10 ГГц. Условия ионосферного распространения радиоволн учитываются для радиосигналов с несущими частотами в диапазоне 30...70 МГц.

Для проведения расчетов необходимы следующие исходные данные.

По радиосигналу РЭС: несущая частота радиосигнала, f , МГц.

По взаимному пространственному положению между РЭС и средством РРТР:

– дальность по поверхности Земли (геодезическое расстояние) между средством РРТР и РЭС, D , км, либо их географические координаты (координаты точек проекций РРТР и РЭС на поверхность Земли):

для средства РРТР: широта φ_M , град; долгота λ_M , град.;

для РЭС: широта φ_N , град; долгота λ_N , град.;

– высота расположения средства РРТР относительно поверхности земли h_M , км;

– высота земной поверхности в месте расположения средства РРТР относительно уровня моря Δh_M , км;

– высота расположения РЭС относительно поверхности Земли h_N , км;

– высота земной поверхности в месте расположения РЭС относительно уровня моря Δh_N , км.

При известных географических координатах РЭС и средства РРТР расчет D производится по формуле:

$$D = \frac{\pi \cdot R_3}{180} \cdot \theta_0, \quad (4.1)$$

где θ_0 – геоцентрический угол между точками проекций на поверхность Земли средства РРТР и РЭС, град., определяемый по формуле:

$$\theta_0 = \arccos[\sin \varphi_M \cdot \sin \varphi_N + \cos \varphi_M \cdot \cos \varphi_N \cdot \cos(\lambda_M - \lambda_N)]. \quad (4.2)$$

Ослабление радиосигнала на трассе «РЭС – средство РРТР», Z , дБ, рассчитывается по формулам:

$$\left. \begin{aligned} Z &= Z_0 + V_3 \text{ при } D < D_{\text{ин}}, \\ Z &= Z_0 + V_1' \text{ при } D_{\text{ин}} \leq D < D_0, \\ Z &= Z_0 + V_1 \text{ при } D \geq D_0, \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

где D_0 – дальность прямой радиовидимости между средством и объектом разведки, км;

$D_{\text{ин}}$ – протяженность зоны интерференции радиоволн, км;

Z_0 – ослабление радиоволн в свободном пространстве, дБ;

V_1' – ослабление радиоволн в ближней зоне полутени, дБ;

V_1 – ослабление радиоволн в дальней зоне полутени, дБ;

V_3 – усиление (ослабление) радиоволн за счет интерференции в зоне освещенности, дБ.

Зоны распространения радиоволн по трассе РЭС – РРТР схематично изображены на рис. 7.



Рис. 7. Зоны распространения радиоволн по трассе РЭС – РРТР

Дальность прямой радиовидимости между средством и объектом разведки D_0 рассчитывается по формуле

$$D_0 = D_1 + D_2, \quad (4.4)$$

где

$$D_{1,2} = \sqrt{2 \cdot R_{\text{Э}} \cdot h_{1,2}} \text{ при } h_{1,2} \leq 12 \text{ км}, \quad (4.5 \text{ а})$$

$$D_{1,2} = 452 + (R_{\text{Э}} + h_{1,2}) \cdot \sin[1,52 - \arcsin(\frac{6375}{R_3 + h_{1,2}})] \text{ при } h_{1,2} > 12 \text{ км}, \quad (4.5 \text{ б})$$

$$h_1 = h_N + \Delta h_N, \quad (4.6)$$

$$h_2 = h_M + \Delta h_M, \quad (4.7)$$

$R_3 = 6371$ км – средний радиус Земли;

$R_{\text{Э}} = 8500$ км – радиус Земли с учетом рефракции радиоволн (эквивалентный радиус).

Протяженность зоны интерференции радиоволн $D_{\text{ин}}$ рассчитывается по формуле

$$D_{\text{ин}} = 0,58 \cdot D_0 \cdot K_{\text{ин}} \cdot (\sqrt{1 + \frac{1,72}{K_{\text{ин}}^2}} - 1) \text{ при } K_{\text{ин}} \geq 0,53; \quad (4.8 \text{ а})$$

$$D_{\text{ин}} = D_0 \cdot (1 - \sqrt{0,43 \cdot K_{\text{ин}}}) \text{ при } K_{\text{ин}} < 0,53, \quad (4.8 \text{ б})$$

где

$$K_{\text{ин}} = \frac{1,3 \cdot 10^{-2} \cdot D_0}{f \cdot h_{M0} \cdot h_{N0}}, \quad (4.9)$$

$$h_{M0} = h_M + \Delta h_M, \quad h_{N0} = h_N + \Delta h_N. \quad (4.10)$$

Ослабление радиоволн в свободном пространстве Z_0 рассчитывается по формуле

$$Z_0 = -32,5 - 20 \cdot \lg(D_H \cdot f), \quad (4.11)$$

где D_H – протяженность трассы распространения радиоволн от антенны РЭС до антенны средства РРТР (наклонная дальность), определяется по формулам:

$$D_H = \sqrt{(k_R \cdot D)^2 + (h_2 - h_1)^2} \text{ при } h_{1,2} \leq 12 \text{ км и } 0 \leq D \leq 450 \text{ км}, \quad (4.12 \text{ а})$$

$$D_H = \sqrt{(D)^2 + (h_2 - h_1)^2} \text{ при } 12 < h_1 \leq 100 \text{ км, } h_2 > 12 \text{ км и } 0 \leq D \leq 1500 \text{ км}, \quad (4.12 \text{ б})$$

$$D_H = \sqrt{(R + h_1)^2 + (R + h_2)^2 - (R + h_1) \cdot (R + h_2) \cdot \cos\left(\frac{D}{R_3}\right)} \text{ при } h_{1,2} > 12 \text{ км}$$

$$\text{и } 0 \leq D \leq D_{\max}, \quad (4.12 \text{ в})$$

где $k_R = R_3 / R_3$ – поправочный коэффициент на рефракцию радиоволн в атмосфере;

D_{\max} – максимально возможная дальность по поверхности Земли между средством РРТР и РЭС;

D – дальность по поверхности Земли между средством РРТР и РЭС, задаваемая в качестве исходной величины, либо при их известных координатах определяемая по формуле (4.1).

Если $h_1 < 12$ км, а $h_2 > 12$ км, то протяженность трассы определяется на основе суммы соответствующих соотношений из формулы (4.12). При этом в первом соотношении принимается $h_2 = 12$ км, а во втором или третьем – $h_1 = 12$ км.

Усиление (ослабление) радиоволн в зоне интерференции V_3 , дБ, рассчитывается по формуле

$$V_3 = V'_3 \text{ при } \Delta h \leq \Delta h_l \text{ (} V_3 = 0 \text{ при } \Delta h > \Delta h_l), \quad (4.13)$$

где Δh – средняя высота неровностей подстилающей поверхности на трассе, м. Если значение Δh неизвестно, то оно принимается равным 2,5 м для суши и 0,5 м для моря;

Δh_l – средняя высота неровностей подстилающей поверхности на трассе, определяющая условия интерференции радиоволн, м. Значение Δh_l рассчитывается по формуле

$$\Delta h_1 = \frac{37,5 \cdot D}{f(h_{M0} + h_{N0}) \cdot \left(1 - \frac{D^2}{D_0^2}\right)}. \quad (4.14)$$

Значение величины V'_3 , дБ, входящей в соотношение (4.13), рассчитывается по формулам

$$V'_3 = 6 \quad \text{при} \quad \Delta r \geq \frac{150}{f} \quad \text{и} \quad V'_3 = V_{\text{ин}} \quad \text{при} \quad \Delta r < \frac{150}{f}, \quad (4.15)$$

где $V_{\text{ин}}$ – интерференционный множитель, дБ, рассчитываемый по формуле

$$V_{\text{ин}} = 20 \cdot \lg \left\{ \sqrt{2 \cdot \left[1 - \cos \left(\frac{\pi \cdot f \cdot \Delta r}{150} \right) \right]} \right\}. \quad (4.16)$$

Расчет числового значения величины Δr , м, входящей в соотношения (4.15) и (4.16), производится по формуле

$$\Delta r = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot h_{M0} \cdot h_{N0}}{D} \left(1 - \frac{D^2}{D_0^2} \right)^2. \quad (4.17)$$

Ослабление радиоволн в ближней зоне полутени V_1 , дБ, рассчитывается по формуле

$$V'_1 = \frac{V_{31} \cdot (D_0 - D) - (D_{\text{ин}} - D)}{D_0 - D_{\text{ин}}}, \quad (4.18)$$

где V_{31} – ослабление радиоволн на границе зоны интерференции, дБ. Рассчитывается с использованием формул (4.13) – (4.18) при замене в формуле (4.13) V_3 на V_{31} и при замене D в формулах (4.14) и (4.17) на $D_{\text{ин}}$.

Ослабление радиоволн на дальности прямой радиовидимости V_0 , дБ, рассчитывается по формуле

$$V_0 = -6 - 0,363 \cdot \left(\frac{D_0}{\sqrt[3]{f} \cdot \sqrt{h_{M0} \cdot h_{N0}}} \right)^{0,7}. \quad (4.19)$$

Ослабление радиоволн в дальней зоне полутени V_1 , дБ, рассчитывается по формуле

$$V_I = V_0 + 9 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt[3]{f} \cdot (D_0 - D). \quad (4.20)$$

Ослабление радиосигнала на трассе «объект разведки – средство РРТР» при условии тропосферного распространения радиоволн Z , дБ, рассчитывается по формуле

$$Z = Z_0 + V_I - 20 - 10 \cdot \lg f - 0,06 \cdot D \text{ при } 100 \text{ км} \leq D \leq 900 \text{ км и } D > D_0. \quad (4.21)$$

Ослабление радиосигнала на трассе «объект разведки – средство РРТР» при условии ионосферного распространения радиоволн Z , дБ, рассчитывается по формулам:

$$Z = 0,17 \cdot 10^{-4} \text{ при } 1400 < D < 2300 \text{ км}, \quad (4.22 \text{ а})$$

$$Z = Z_0 + 10 - 60 \cdot \lg f - (1400 - D)^2 \text{ при } D \geq 2300 \text{ км}, \quad (4.22 \text{ б})$$

$$Z = 0,24 \cdot 10^{-4} \text{ при } 900 \leq D < 1400 \text{ км}. \quad (4.22 \text{ в})$$

5. Расчет ослабления радиосигнала в диапазоне несущих частот 0,003...30 МГц

Для проведения расчетов ослабления радиосигнала на трассе «РЭС – средство РРТР» необходимы следующие исходные данные.

По радиосигналу РЭС: несущая частота радиосигнала f , МГц.

По взаимному пространственному положению между РЭС и средством РРТР:

– дальность по поверхности Земли (геодезическое расстояние) между средством РРТР и РЭС разведки D , км, либо их географические координаты (координаты точек проекций РРТР и РЭС на поверхности Земли):

для РЭС: широта φ_N , град.; долгота λ_N , град.;

для средства РРТР: широта φ_M , град.; долгота λ_M , град.;

– высота расположения средства РРТР относительно поверхности земли h_M , км;

- высота земной поверхности в месте расположения средства РРТР относительно уровня моря Δh_M , км;
- высота расположения РЭС относительно поверхности Земли h_N , км;
- высота земной поверхности в месте расположения РЭС относительно уровня моря Δh_N , км.

При известных географических координатах РЭС и средства РРТР расчет D производится по формуле (4.1).

При проведении расчетов принимается эквивалентный радиус Земли $R_3 = 8500$ км. Ослабление радиосигнала для диапазона несущих частот $0,003 \leq f < 0,1$ МГц рассчитывается по формуле

$$Z = Z_0 + \begin{cases} 0 & \text{при } D \leq D_s, \\ V_{s1} & \text{при } D > D_s \end{cases}, \quad (5.1)$$

где Z_0 – ослабление радиоволн в свободном пространстве, дБ;

V_{s1} – ослабление радиоволн за счет их дифракции вдоль поверхности Земли, дБ;

D_s – граница зоны дифракции, км.

Расчет значений Z_0 , V_{s1} , D_s , входящих в соотношение (5.1), производится соответственно по формулам:

$$Z_0 = -32,5 - 20 \cdot \lg(D \cdot f), \quad (5.2)$$

$$D_s = \frac{50}{\sqrt[3]{f}}, \quad (5.3)$$

$$V_{s1} = -38,73 - 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot D \cdot f^{0,6} + 10 \cdot \lg \left(\frac{D}{\sin \frac{D}{R_3}} \right). \quad (5.4)$$

Ослабление радиосигнала для диапазона несущих частот $0,1 \leq f < 0,3$ МГц рассчитывается по формуле

$$Z = Z_0 + \begin{cases} 0 & \text{при } D \leq D_s, \\ V_{s2} & \text{при } D_s \leq D \leq 2000 \text{ км}, \\ V_{s1} & \text{при } D \geq 2000 \text{ км}, \end{cases} \quad (5.5)$$

где

$$V_{S2} = \lg\left(\frac{D}{D_S}\right) \cdot \left(20 - \frac{66 + 50f^{0,6} - 20 \cdot \lg D_S}{3,3 - \lg D_S}\right). \quad (5.6)$$

Расчет затухания радиосигнала для диапазона несущих частот $0,3 \leq f < 3$ МГц рассчитывается по формуле

$$Z = Z_0 + V_{n1} + \begin{cases} 0 \text{ при } D \leq D_S, \\ V_{S3} \text{ при } D_S \leq D \leq 2000 \text{ км}, \\ V_{S4} \text{ при } D \geq 2000 \text{ км}, \end{cases} \quad (5.7)$$

где V_{n1} – ослабление радиоволн за счет их поглощения подстилающей поверхностью, дБ;

V_{S3} – ослабление радиоволн в зоне полутени, дБ;

V_{S4} – ослабление радиоволн в зоне тени, дБ.

Числовые значения величин V_{n1} , V_{S3} , V_{S4} , входящие в соотношение (5.7), рассчитываются по формулам:

$$V_{n1} = \begin{cases} 20 \cdot \lg\left(\frac{0,634}{(0,72 + f^2)^{0,4}}\right) \text{ при подстилающей поверхности «суша»}; \\ 0 \text{ при подстилающей поверхности «море»}. \end{cases} \quad (5.8)$$

$$V_{S3} = \lg\left(\frac{D}{D_S}\right) \cdot \left(20 - \frac{59,3 + 10f^{0,26} - 20 \cdot \lg D_S}{3 - \lg D_S}\right), \quad (5.9)$$

$$V_{S4} = -29,3 + 10f^{0,26} - 20 \cdot \lg D. \quad (5.10)$$

Расчет затухания радиосигнала для диапазона несущих частот $3 \leq f < 30$ МГц рассчитывается по формуле

$$Z = Z_0 + \begin{cases} V_{n2} & \text{при } D \leq D_{S_5}, \\ V_{n2} + V_{S5} & \text{при } D_{S_5} < D \leq 500 \text{ км}, \\ V_{S6} & \text{при } D > 500 \text{ км}, \end{cases} \quad (5.11)$$

где V_{n2} – ослабление радиоволн за счет поглощения подстилающей поверхностью при распространении их поверхностной волной, дБ;

V_{S5} – ослабление радиоволн в зоне полутени, дБ;

V_{S6} – ослабление радиоволн при их распространении пространственной волной, дБ.

Числовые значения величин V_{n2} , V_{S5} , V_{S6} рассчитываются по формулам:

$$V_{n2} = 20 \cdot \lg \left(\frac{1+p}{1+0,5p+0,3p^2} \right), \quad (5.12)$$

где

$$p = \begin{cases} 5,8 \cdot 10^{-2} \cdot D \cdot f^2 & \text{для подстилающей поверхности «суша»;} \\ 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot D \cdot f^2 & \text{для подстилающей поверхности «море»}. \end{cases} \quad (5.13)$$

$$V_{S5} = 20 \cdot \lg \left[0,2 \cdot f^{1/6} \sqrt{D} \exp \left(-0,006 D \cdot f^{1/3} \right) \right], \quad (5.14)$$

$$V_{S6} = 20 \cdot \lg \left[0,5 \cdot 0,8^{n-1} \exp \left(\frac{-A}{(f+0,75)^2} \right) \right], \quad (5.15)$$

где

$$n = \begin{cases} 1 & \text{при } D \leq 3500 \text{ км}, \\ 1 + \left[\frac{D}{3500} \right] & \text{при } D > 3500 \text{ км}, \end{cases} \quad (5.16)$$

$[\cdot]$ – обозначение целой части числа;

$$A = 60 \cdot \left(1 + \frac{D-500}{750} \right). \quad (5.17)$$

6. Определение характеристик взаимного пространственного положения между РЭС и средством РРТР

В данном разделе приводятся соотношения для определения на трассах «РЭС – средство РРТР»:

- дальности прямой радиовидимости между РЭС и средством РРТР D_0 , км;
- протяженности трассы (наклонной дальности) D_N , км;
- угла места трассы относительно РЭС (угла места средства РРТР) β_M , град.;
- угла места трассы относительно средства РРТР (угла места РЭС) β_N , град.;
- угла визирования трассы относительно РЭС (угла визирования средства РРТР) ψ_M , град.;
- угла визирования трассы относительно средства РРТР (угла визирования РЭС) ψ_N , град.;
- азимута на средство РРТР из места расположения РЭС α_M , град.;
- азимута на РЭС из места расположения средства РРТР α_N , град.

Для определения числовых значений характеристик взаимного пространственного положения РРТР и РЭС (рис. 8; 9) необходимы следующие исходные данные:

- дальность по поверхности Земли (геодезическое расстояние) между средством РРТР и РЭС, D , км, либо их географические координаты (координаты точек их проекций на поверхность Земли):

для РЭС: широта φ_N , град.; долгота λ_N , град.;

для средства РРТР: широта φ_M , град.; долгота λ_M , град.;

- высота расположения средства РРТР относительно поверхности Земли h_M , км;
- высота поверхности Земли относительно уровня моря в месте расположения средства РРТР (проекция средства РРТР) Δh_M , км;

- высота расположения РЭС относительно поверхности Земли h_N , км;
- высота поверхности Земли относительно уровня моря в месте расположения РЭС (проекция РЭС) Δh_N , км.

При известных географических координатах РЭС и средства РРТР расчет D производится по формуле (4.1).

При проведении расчетов принимается:

- средний радиус Земли $R_3 = 6371$ км;
- радиус Земли с учетом рефракции радиоволн (эквивалентный радиус) $R_9 = 8500$ км;
- углам места, расположенным выше линии местного горизонта, присваивается положительный знак, расположенным ниже линии местного горизонта – отрицательный знак;
- восточная долгота и северная широта в расчетных соотношениях используются со знаком «плюс», западная долгота и южная широта – со знаком «минус».

Формулы для расчета дальности прямой радиовидимости, наклонной дальности, дальности по поверхности Земли между средством РРТР и РЭС, геоцентрического угла между точками проекций на поверхность Земли средства РРТР и РЭС приведены в разделе 4 части 3 настоящего пособия.

Углы места трассы рассчитываются:

- относительно РЭС (угол места средства РРТР) – по формулам

$$\beta_M = \operatorname{arctg}\left(\frac{h_2 - h_1}{k_R \cdot D}\right) \text{ при } h_{1,2} \leq 12 \text{ км и } 0 < D \leq 10 \text{ км}, \quad (6.1a)$$

$$\beta_M = \operatorname{arctg}\left(\frac{h_2 - h_1}{D}\right) \text{ при } h_{1,2} > 12 \text{ км и } 0 < D \leq 10 \text{ км}, \quad (6.1б)$$

$$\beta_M = \operatorname{arctg}\left(\frac{\cos\left(\frac{D}{R_3}\right) - \frac{R + h_1}{R + h_2}}{\sin\left(\frac{D}{R_3}\right)}\right) \text{ при } 10 \text{ км} < D \leq D_0, \quad (6.1в)$$

$$\beta_M = 90^0 \text{ при } D = 0, \quad (6.1г)$$

где

$$R = \begin{cases} R_3 & \text{при } h_{1,2} > 12 \text{ км,} \\ R_Э & \text{при } h_{1,2} \leq 12 \text{ км,} \end{cases} \quad (6.2)$$

– относительно средства РРТР (угол места РЭС) – по формуле

$$\beta_N = -(\beta_M + \theta_0). \quad (6.3)$$

Углы визирования трассы рассчитываются:

– относительно РЭС (угол визирования средства РРТР) – по формуле

$$\psi_M = \beta_M + 90^0; \quad (6.4)$$

– относительно средства РРТР (угол визирования РЭС) – по формуле

$$\psi_N = \beta_N + 90^0. \quad (6.5)$$

Взаимные азимутальные углы рассчитываются по формуле:

$$\alpha_{M,N} = \begin{cases} A & \text{при } \lambda_{M,N} \geq \lambda_{N,M}, \\ 360^0 - A & \text{при } \lambda_{M,N} < \lambda_{N,M}, \end{cases} \quad (6.6)$$

где

$$A = \arccos \left(\frac{\sin \varphi_{M,N} - \cos \theta_0 \sin \varphi_{N,M}}{\sin \theta_0 \cos \varphi_{N,M}} \right). \quad (6.7)$$

На рис. 8 представлено взаимное пространственное расположение ОР и СТР, поясняющее алгоритм расчета дальности по поверхности Земли и азиму-

тальных углов α_M, α_N . Принцип расчета наклонной дальности D_H , углов визирования и углов места β_M, β_N поясняется на рис. 9.

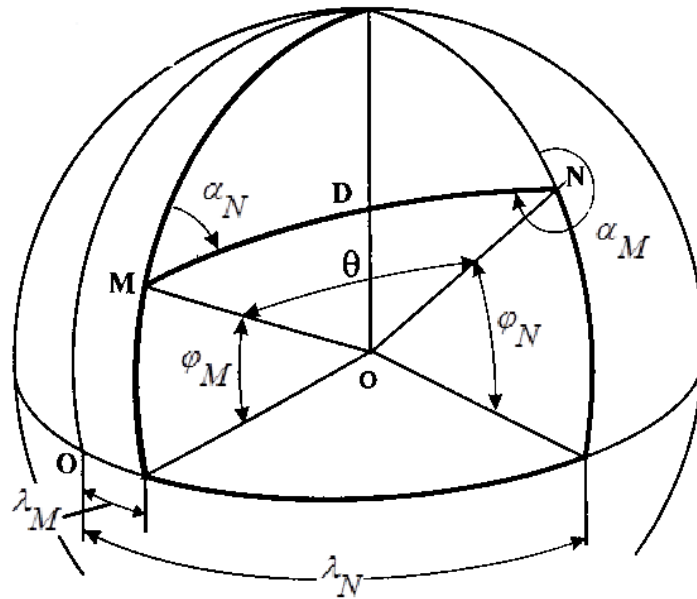


Рис. 8. К расчету дальности по поверхности Земли и азимутальных углов α_M, α_N

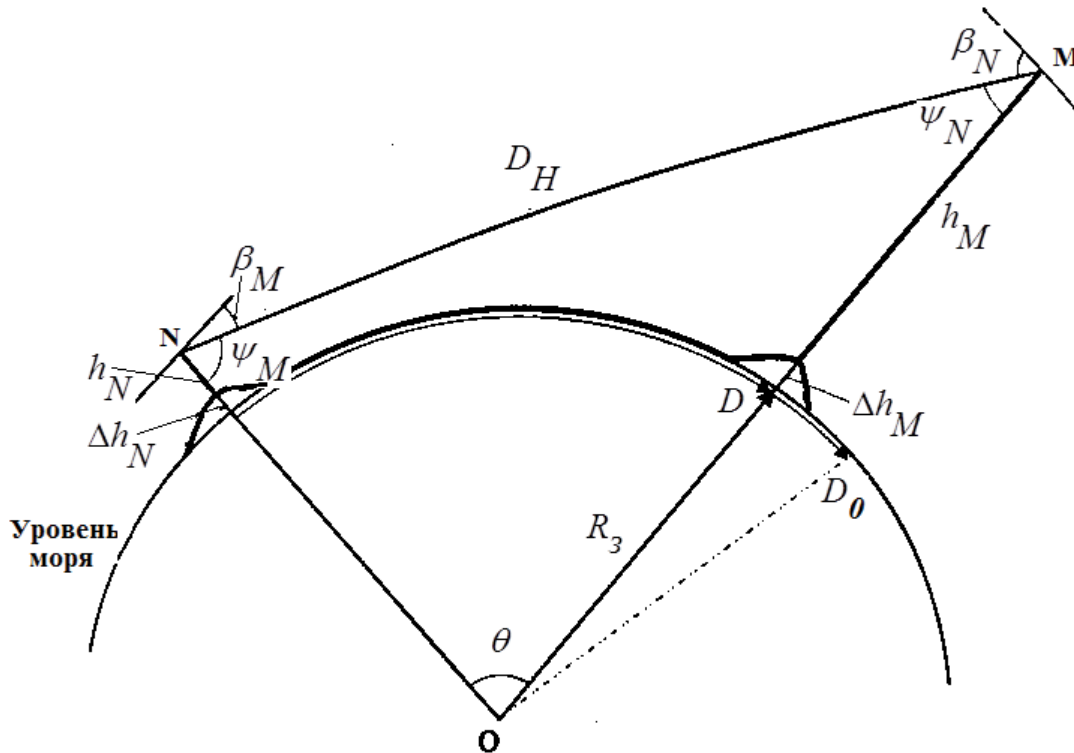


Рис. 9. К расчету наклонной дальности D_H , углов визирования и углов места β_M, β_N

СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. Гуляев В. П. УМК по дисциплине «Средства технических разведок» [Электронный ресурс] : конспект лекций / В. П. Гуляев : Екатеринбург : УрФУ, 2008. Режим доступа: http://study.ustu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=8224, ограниченный.
2. Гуляев В. П. УМК по дисциплине «Защита речевых сигналов» [Электронный ресурс] : конспект лекций «Защита речевых сигналов» / В. П. Гуляев. Екатеринбург : УрФУ, 2007. – Режим доступа: http://study.ustu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=5846, ограниченный.
3. Меньшаков Ю. К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. М. : Российск. гос. гуманит. ун-т, 2002. 399 с.
4. Технические средства и методы защиты информации : учебник для вузов / Зайцев А. П. [и др.]. М. : Издательство Машиностроение, 2009. 508 с.
5. Быков С. Ф., Журавлев В. И., Шалимов И. А. Цифровая телефония : учебное пособие. М. : Радио и связь, 2003. 144 с.
6. Гуляев В. П. Исследование каналов утечки акустической (речевой) информации : методические указания к лабораторным работам. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2005. 33 с.
7. Гуляев В. П. Исследование зон разведдоступности средств технических разведок : методические указания к лабораторным работам. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007. 50 с.
8. Лучинин А. С., Гуляев В. П. УМК по дисциплине «Технические средства и методы защиты информации» [Электронный ресурс] : конспект лекций «Техническая защита информации»). Екатеринбург : УрФУ, 2008. Режим доступа: http://study.ustu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=8222, ограниченный.

9. Стандарт предприятия. Общие требования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ). СТП УПИ 1-90. Свердловск : УПИ, 1990. 36 с.
10. Железняк В. К. Защита информации от утечки по техническим каналам : учебное пособие. СПб. : ГУАП, 2006. 188 с.
11. Давыденко Ю. И. Дальняя тропосферная связь. М. : Военное издательство, 1968. 212 с.
12. Викторов А. Д., Генне В. И., Гончаров Э. В. Побочные электромагнитные излучения персонального компьютера и защита информации. Защита информации // Конфидент. 1995. № 3. С. 69–71.
13. ГОСТ Р 50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. Издание официальное. М. : Госстандарт России, 1997. 234 с.
14. Покровский Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи. М. : Связьиздат, 1962. 390 с.
15. Сапожков М. А. Речевой сигнал в кибернетике и связи. М. : Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1963. 452 с.
16. Хорев А. А., Макаров Ю. К. Методы защиты речевой информации и оценки их эффективности // Защита информации. Конфидент. 2001. № 4. С. 22–33.
17. Хорев А. А. Оценка эффективности защиты вспомогательных технических средств. Ч. 1 // Специальная техника. 2007. № 2. С. 12–18.
18. Калинин А. И., Черенкова Е. Л. Распространение радиоволн и работа радиоприемных устройств. М. : Связь. 439 с.

Учебное издание

Гуляев Владимир Павлович

**АНАЛИЗ ДЕМАСКИРУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ ОБЪЕКТОВ
ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ КАНАЛОВ
УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ**

Редактор В. О. Корионова

Компьютерный набор В. А. Гуляева

Компьютерная верстка Е. В. Суховой

Подписано в печать 31.03.2014. Формат 70×100 1/16.
Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 13,22.
Уч.-изд. л. 8,9. Тираж 60 экз. Заказ № 401.

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: 8(343)375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620075, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: 8(343) 350-56-64, 350-90-13
Факс: 8(343) 358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru

Для заметок

Для заметок

